

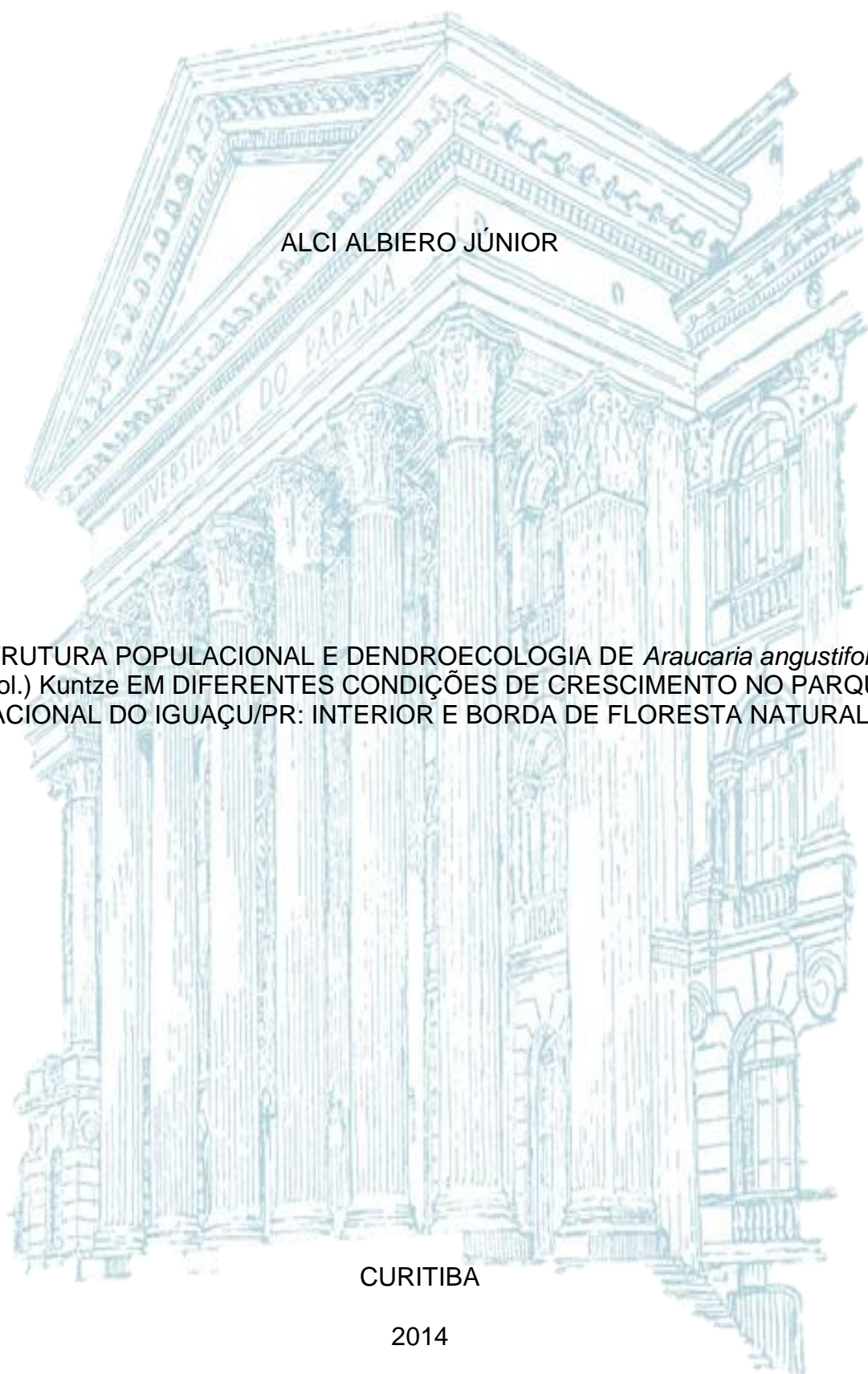
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ALCI ALBIERO JÚNIOR

ESTRUTURA POPULACIONAL E DENDROECOLOGIA DE *Araucaria angustifolia*
(Bertol.) Kuntze EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE CRESCIMENTO NO PARQUE
NACIONAL DO IGUAÇU/PR: INTERIOR E BORDA DE FLORESTA NATURAL

CURITIBA

2014



ALCI ALBIERO JÚNIOR

ESTRUTURA POPULACIONAL E DENDROECOLOGIA DE *Araucaria angustifolia*
(Bertol.) Kuntze EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE CRESCIMENTO NO PARQUE
NACIONAL DO IGUAÇU/PR: INTERIORE BORDA DE FLORESTA NATURAL

Dissertação apresentada como requisito parcial
para obtenção do título de mestre, pelo programa
de Pós-graduação em Botânica do setor de
Ciências Biológicas da Universidade Federal do
Paraná.

Orientadora: Dra. Livia Godinho Temponi

Coorientadores: Dr. Franklin Galvão

Dr. Paulo Cesar Botosso

CURITIBA

2014



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
Setor de Ciências Biológicas
Programa de Pós-Graduação em Botânica



**“ESTRUTURA POPULACIONAL E DENDROECOLOGIA
DE *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze EM
DIFERENTES CONDIÇÕES DE CRESCIMENTO NO
PARQUE NACIONAL DO IGUAÇU/PR: INTERIOR E
BORDA DE FLORESTA NATURAL”**

Por

ALCI ALBIERO JÚNIOR

Dissertação aprovada como requisito parcial
para obtenção do grau de Mestre no Programa
de Pós-Graduação em Botânica, pela Comissão
formada pelos Professores



Dr. Paulo Cesar Botosso- PRESIDENTE



Dr. Juliano Morales de Oliveira



Dr. Roman Carlos Rios

Curitiba, 11 de abril de 2014.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço meus pais, Alci Albiero e Leliane de Fátima Daniel Keller, pelo incentivo e amor incondicional, sempre me apoiando a perseverar na vida acadêmica. Muito obrigado pela educação que me deram durante minha vida!

As minhas lindas irmãs Larissa e Maria Paula pelo apoio, incentivo e amor!

A minha orientadora Dra. Livia Godinho Temponi por aceitar me orientar no mestrado, por acreditar na proposta do projeto e pelas valiosas contribuições no decorrer do trabalho, além do apoio logístico através da UNIOESTE.

Ao meu coorientador Dr. Franklin Galvão pelo apoio, incentivo e valiosas contribuições. Sempre serei grato pela sugestão de inserir a dendrocronologia em minha dissertação, ciência que me proporciona grande prazer e conhecimento.

Ao meu segundo coorientador Dr. Paulo César Botosso que prontamente aceitou participar do trabalho, norteando de forma essencial o segundo capítulo, realizando valiosas contribuições, além do incentivo em realizar o trabalho com anéis de crescimento. Agradeço pelo conhecimento transmitido em dendrocronologia.

A Dra. Ana Tereza Bittencourt Guimarães e a Dra. Kelly Gerozano Martins pelo auxílio nas análises estatísticas.

Aos amigos Menero (Alexandre Borges), Bruno Buchain, Darlene Gris, Maria Angélica Toscano, Veridiana Araújo, Wendy Melo e especialmente a Assis Roberto Escher pelo auxílio nos trabalhos de campo, sem eles seria impossível realizar o trabalho.

Aos funcionários do Parque Nacional do Iguaçu, especialmente os servidores João e Ivan Baptiston, além dos brigadistas da turma de 2012 que não apenas indicaram a localização das araucárias no ParNa Iguaçu mas também participaram das saídas a campo.

A todos os amigos do mestrado em Botânica, Allan Maurício Sanches Baptista de Alvarenga, Ana Marcia Charnei, Ana Paula Cardozo, Bianca Canestraro, Daniela Imig, Duane Fernandes, Eduardo Damasceno, Fabiano Maia, Frederico Mazziero, Lilien Rocha, Luiz Antônio Acra, Lucas de Freitas Bacci, Marcia Teixeira Silva, Mathias Engels, Patrícia Luz, Paulo Carvalho, Paulo Jardim, Shirley Feuerstein, Stephanie de Fatima Pereira, Suelen Silva e Thuane Bochorny.

Aos amigos, engenheiros Florestais do Laboratório de Ecologia Florestal da UFPR, Bruno Palka, Jaçanan Michella, Santiago e especialmente o Tomaz Longhi pelas valiosas contribuições e sugestões no trabalho, agradeço pelo conhecimento transmitido dos anéis de crescimento e Bruno Palka pela construção do mapa.

A professora Dra. Patrícia Soffiatti pelas correções e sugestões dos relatórios.

Ao professor Dr. Gedir de Oliveira Santos pelo estágio em docência concedido.

Ao saudoso Prof. Dr. Armando Carlos Cervi, pesquisador pioneiro da botânica brasileira, pelas histórias e experiências contadas, nos estimulando a continuar nessa caminhada.

Ao colegiado do programa em Botânica por permitir que eu conciliasse o mestrado com aulas ministradas na graduação.

Aos amigos de república, Andrei, Diego Santana, Frederico Mazziero e Maycon Roberto Silva, pelos momentos de descontração e churrascos.

Ao programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais (REUNI) pela bolsa concedida.

Essa dissertação é dedicada a vocês, muito obrigado!

“Toda unanimidade é burra.
Quem pensa com a unanimidade
não precisa pensar.”

Nelson Rodrigues

RESUMO

Araucaria angustifolia (Bertol.) Kuntz pode ser considerada uma das espécies arbóreas de ocorrência mais antiga na América do Sul, além de sua relevância social, ecológica e econômica. Atualmente suas populações encontram-se drasticamente reduzidas, resguardadas em fragmentos de Floresta Ombrófila Mista e Campos. O Parque Nacional do Iguaçu no estado do Paraná representa o mais significativo remanescente de floresta subtropical do Sul do Brasil e importante refúgio na preservação da araucária. Entretanto, estudos descrevendo sua dinâmica frente a diferentes condições fitofisionômicas que ocorrem ao longo de seu habitat são inexistentes nesta unidade de conservação. Neste contexto, o presente trabalho objetivou analisar a estrutura populacional e a dendroecologia da araucária em diferentes condições de crescimento no interior florestal e na borda da floresta natural. Em cada condição de crescimento todas as araucárias a partir de 10 cm de altura foram selecionadas em 100 parcelas de 10 x 10 metros. Ao todo 479 indivíduos de araucária foram amostrados, sendo 416 ocorrendo naturalmente na borda e 63 no interior da formação florestal. Apesar da significativa diferença de densidade entre os sítios selecionados, as populações apresentaram padrão estrutural tendendo ao J-invertido. Provavelmente a menor densidade em áreas mais preservadas e em avançado estágio sucessional (interior florestal) seja característica da espécie, sendo a grande competição e a pressão de predação as principais causas desse resultado. A intensidade luminosa verificada por meio da densidade do dossel não foi um fator restritivo à regeneração da espécie, observando-se maior frequência de indivíduos regenerantes nas maiores densidades de dossel, o que não corrobora com a classificação da espécie como pioneira. Através do estudo de anéis de crescimento, foram construídas séries cronológicas para cada sítio, sendo que na borda o período observado foi de 1957 a 2010 e no interior de 1919 a 2010. A diferença entre períodos de maiores e menores crescimentos indicaram que fatores locais inerentes a cada sítio exercem forte influência no crescimento da espécie. Os indivíduos de interior apresentaram os maiores incrementos acumulados e correntes durante o período comum de 1945 a 2010, e nos 30 primeiros anos biológicos, demonstrando a melhor qualidade do sítio. Diferenças nos incrementos entre machos e fêmeas não foram comprovadas, embora os machos tenham apresentado os maiores valores. Constatou-se maior influência da temperatura mínima e máxima no crescimento das araucárias no Parque Nacional do Iguaçu. Os resultados comprovam a importância do ParNa Iguaçu na preservação desta espécie, contribuindo para o conhecimento e entendimento cientificamente embasado do comportamento da araucária em diferentes estágios sucessionais, e no estabelecimento de estratégias futuras para a sua conservação.

Palavras-chave: Floresta de Araucária; Regeneração natural, Densidade do dossel, Anéis de crescimento.

ABSTRACT

Araucaria angustifolia (Bertol.) Kuntze can be considered one of the oldest tree species occurring in South America, in addition to its social relevance, ecological and economic. Currently their populations are drastically reduced, sheltered in fragments of Araucaria Forest and Fields. The Iguaçu National Park in Paraná state represents the most significant remnant of subtropical forest in Southern Brazil and in the preservation of important refuge araucaria. However, studies describing its dynamics against different phytophysiological conditions that occur along its habitat are nonexistent in this protected area. In this context, the present study aimed to analyze the araucaria population structure and dendroecological in different growing conditions in the forest interior and at the edge of the natural forest. In each growth condition all individuals from 10 cm height were selected in 100 plots of 10 x 10 meters. Altogether 479 individuals were sampled, with 416 occurring naturally at the edge and 63 within the forest formation. Despite the significant difference in density between the selected sites, the populations showed a structural pattern tending to J-reverse. Probably the best preserved in lower density areas and old growth (forest interior), is characteristic of the species, having great competition and predation pressure main cause of this result. The luminous intensity verified by the density of the canopy was not a limiting factor to the regeneration of the species, with a higher frequency of regenerating individuals at the higher densities canopy, which does not corroborate the classification of the species as a pioneer. Through the study of growth rings, time series were constructed for each site, and the edge was the observed period 1957-2010 and within 1919-2010. The difference between periods of higher and lower growth rates indicate that local factors inherent in each site have a strong influence on the growth of the species. Individual interior showed the highest current and accumulated increments during the coming period 1945-2010, and the first 30 biological years, demonstrating the best quality of the site. Differences in increments between males and females have not been proven, although males have presented the highest values. There was a higher influence of the minimum and maximum temperature on the growth of araucária in the Iguazu National Park. The results show the importance of ParNa Iguaçu in protecting this species, contributing to the science-based knowledge and understanding of the behavior of araucaria in different successional stages, and establishing future strategies for their conservation.

Keywords: Araucaria Forest, natural regeneration, canopy density, growth rings.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Brasil, Paraná, Parque Nacional do Iguaçu e sítios amostrais.....	26
Figura 2 Frequências dos indivíduos por classes diamétricas nos sítios amostrais/Parque Nacional do Iguaçu/PR.....	28
Figura 3 Climatograma mensal de precipitação (Céu Azul/PR) e temperatura (Cascavel/PR) para o período de 1973 a 2010.....	43
Figura 4 Localização dos sítios amostrais (borda: 1 - interior: 2) no Paraná, Parque Nacional do Iguaçu/PR.....	45
Figura 5 Número de indivíduos de <i>A. angustifolia</i> por classes de diâmetro (cm) em ambos os sítios amostrados no Parque Nacional do Iguaçu/PR.....	50
Figura 6 Análise de Cluster entre os diâmetros dos indivíduos selecionados nos sítios interior (IN) e borda (BO).....	51
Figura 7 Número de indivíduos amostrados de <i>A. angustifolia</i> por classes de idade (anos) no Parque Nacional do Iguaçu/PR.....	52
Figura 8 Análise de Cluster entre a idade dos indivíduos do sítio interior (IN) e sítio borda (BO).....	53
Figura 9 Relação entre idade e diâmetro à altura do peito (DAP) para os indivíduos de araucária selecionados no Parque Nacional do Iguaçu/PR.....	54
Figura 10 Incremento radial médio dos indivíduos de <i>A. angustifolia</i> localizados nos sítios borda.....	55
Figura 11 Análise de Coordenadas Principais para incremento corrente anual (ICA) radial, dos indivíduos de <i>Araucaria angustifolia</i> no sítio borda e interior no Parque Nacional do Iguaçu/PR.....	57
Figura 12 Análise de Coordenadas Principais para incremento corrente médio anual (ICA) radial, dos indivíduos machos e fêmeas de <i>Araucaria angustifolia</i> no Parque Nacional do Iguaçu/PR.....	58
Figura 13 Incremento acumulado dos indivíduos de borda e interior com até 20 cm de DAP entre o período de 2000 a 2010 no ParNa Iguaçu/PR.....	61
Figura 14 Incremento acumulado dos indivíduos de borda e interior >20 cm <40 cm de DAP entre o período de 1978 a 2010 no ParNa Iguaçu/PR.....	61
Figura 15 Incremento acumulado dos indivíduos de borda e interior >40 cm <60 cm de DAP entre o período de 1967 a 2010 no ParNa Iguaçu/PR.....	62
Figura 16 Síntese da sincronização para <i>A. angustifolia</i> no sítio borda.....	67

Figura 17 Síntese da sincronização para <i>A. angustifolia</i> no sítio interior.....	68
Figura 18 Síntese da sincronização das araucárias no ParNa Iguaçu.....	71
Figura 19 Síntese da sincronização dos machos de <i>A. angustifolia</i> no ParNa Iguaçu.....	73
Figura 20 Síntese da sincronização das fêmeas de <i>A. angustifolia</i> no ParNa Iguaçu.....	74
Figura 21 Correlações da série padronizada de <i>Araucaria angustifolia</i> com a precipitação mensal acumulada no sítio borda no ParNa Iguaçu/PR.....	75
Figura 22 Correlações da série padronizada de <i>Araucaria angustifolia</i> com a precipitação mensal acumulada no sítio interior no ParNa Iguaçu/PR.....	75
Figura 23 Correlações da série padronizada de <i>Araucaria angustifolia</i> com a temperatura média no sítio borda no ParNa Iguaçu/PR.....	77
Figura 24 Correlações da série padronizada de <i>Araucaria angustifolia</i> com a temperatura média no sítio interior no ParNa Iguaçu/PR.....	77
Figura 25 Correlações da série padronizada de <i>Araucaria angustifolia</i> com a temperatura mínima no sítio borda no ParNa Iguaçu/PR.....	78
Figura 26 Correlações da série padronizada de <i>Araucaria angustifolia</i> com a temperatura mínima no sítio interior no ParNa Iguaçu/PR.....	78
Figura 27 Correlações da série padronizada de <i>Araucaria angustifolia</i> com a temperatura máxima no sítio borda no ParNa Iguaçu/PR.....	80
Figura 28 Correlações da série padronizada de <i>Araucaria angustifolia</i> com a temperatura máxima no sítio interior no ParNa Iguaçu/PR.....	80

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Seções e espécies de araucária, de acordo com Setoguchi et al., (1998).	15
Tabela 2 Indivíduos amostrados nos diferentes sítios, no Parque Nacional do Iguaçu-PR.	28
Tabela 3 Padrão espacial dos indivíduos nos sítios amostrais/Parque Nacional do Iguaçu-PR.	30
Tabela 4 Altura (cm) e diâmetro (cm) dos regenerantes por sítio amostral/Parque Nacional do Iguaçu-PR	30
Tabela 5 Variação decadal do incremento corrente entre os indivíduos localizados nos sítios de borda e interior florestal no ParNa Iguaçu/PR. Linhas sombreadas indicam significância dos dados.	56
Tabela 6 Incremento corrente entre araucárias machos e fêmeas localizadas no sítio borda e sítio interior no Parque Nacional do Iguaçu/PR.	59
Tabela 7 Incremento corrente entre anos biológicos de araucárias localizadas no sítio borda e sítio interior no Parque Nacional do Iguaçu/PR.	60
Tabela 8 - Incremento acumulado entre araucárias (>20<40 cm DAP) localizadas no sítio borda e sítio interior no Parque Nacional do Iguaçu/PR. Linhas sombreadas indicam significância dos dados.	62
Tabela 9 Incremento acumulado entre araucárias (>40<60 cm DAP) localizadas no sítio borda e sítio interior no Parque Nacional do Iguaçu/PR.	63
Tabela 10 Incremento acumulado entre machos e fêmeas localizados no sítio no sítio borda e sítio interior no Parque Nacional do Iguaçu/PR.	64
Tabela 11 Incremento acumulado entre anos biológicos de araucárias localizadas no sítio borda e sítio interior no Parque Nacional do Iguaçu/PR.	64
Tabela 12 Parâmetros estatísticos considerados e resultados encontrados na sincronia de <i>A. angustifolia</i> no sítio borda e sítio interior no ParNa Iguaçu/PR.	65
Tabela 13 Intercorrelações dendrocronológicas para <i>A. angustifolia</i> em diferentes localidades.	69
Tabela 14 Parâmetros estatísticos considerados e resultados encontrados na sincronia de <i>A. angustifolia</i> no ParNa Iguaçu/PR.	70
Tabela 15 Parâmetros estatísticos considerados e resultados encontrados na sincronia de <i>A. angustifolia</i> machos e fêmeas no ParNa Iguaçu/PR.	72

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	14
1.1. Origem e Taxonomia	14
1.2 Floresta com araucária	15
1.3 Autoecologia de <i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntz	16
1.4 Dendroecologia	17
2 Hipóteses e/ou questões técnicos-científicas	18
2.1 Geral	18
2.2 Específicas	18
3 Referências	19
CAPÍTULO 1	23
ESTRUTURA POPULACIONAL DE <i>Araucaria angustifolia</i> NO PARQUE NACIONAL DO IGUAÇU/PR	23
4.1 INTRODUÇÃO	24
4.2 MATERIAL E MÉTODOS	25
4.2.1 Área de estudo	25
4.2.2 Parcelas e estrutura populacional	25
4.2.3 Variáveis estruturais e análises estatísticas	26
4.2.4 Densidade do dossel florestal	27
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4.4 CONCLUSÃO	31
4.6 REFERÊNCIAS	32
CAPÍTULO 2	36
DENDROECOLOGIA DE <i>Araucaria angustifolia</i> EM DIERENTES CONDIÇÕES DE CRESCIMENTO NO PARQUE NACIONAL DO IGUAÇU/PR: INTERIOR E BORDA DE FLORESTA NATURAL	36
5.1 Introdução	39
5.2 MATERIAL E MÉTODOS	42
5.2.1 Área de estudo	42
5.2.2 Sítios amostrais	44
5.2.3 Coleta das amostras e medição dos anéis de crescimento	45

5.2.5 Análises estatísticas	48
5.3.2 Estrutura etária	51
5.3.3 Incremento corrente médio anual	54
5.3.4 Incremento acumulado	60
5.3.5 Desenvolvimento de cronologias	64
5.3.6 Correlação entre a cronologia e dados climáticos	75
5.4 Conclusão	81
5.5 Considerações finais	81
5.6 REFERÊNCIAS	83
6. Apêndices	91

1 INTRODUÇÃO GERAL

1.1. Origem e Taxonomia

Araucaria angustifolia (Bertol.) Kuntze pode ser considerada uma das espécies arbóreas de ocorrência mais antiga na América do Sul (HAMPP, 2000). Tendo a sua origem no período Triássico, a família Araucariaceae expandiu-se pelos hemisférios durante o Jurássico e início do Cretáceo, mantendo-se como componente significativo da Gondwana até final do Cenozóico (KERSHAW e WAGSTAFF, 2001). A distribuição atual apoia uma origem austral e um caráter relictual de suas florestas, ao invés de processos de dispersão a longa distância (SETOGUCHI *et al.*, 1998).

Embora Hertel (1976), tenha dissociado Araucariaceae da ordem Coniferales, devido sua origem e aspectos morfológicos, trabalhos mais recentes não corroboram com essa resolução (KERSHAW e WAGSTAFF, 2001; STEFANOVIC *et al.*, 1998; SETOGUCHI *et al.*, 1998).

Segundo Chaw *et al.* (1997), Araucariaceae é monofilética, representando três gêneros, *Araucaria*, *Agathis* e o gênero monotípico *Wollemia* (SOUZA, 2006; KERSHAW e WAGSTAFF, 2001). Os dois primeiros gêneros já haviam sido reconhecidos a mais de um século, sendo que *Wollemia* só foi reconhecido na década passada e descrito na Austrália no ano de 1995 (GILMORE e HILL, 1997).

As espécies de *Araucaria* estão distribuídas atualmente por todo o hemisfério Sul (e.g. Chile, Argentina, Sul/Sudeste do Brasil, Nova Caledônia, Ilhas Norfolk, Austrália e Nova Guiné) (SOUZA, 2006). O gênero foi dividido em quatro seções (Tabela 1) por Wide e Eames (1952) *apud* Hid (1990), *Araucaria*, *Bunya*, *Eutacta* e *Intermedia*. Segundo Kershaw e Wagstaff (2001) a maior distribuição geográfica das seções *Bunya* e *Eutacta* sugeriria sua origem mais antiga, embora isso não se comprove nos registros fósseis (DUTRA e STRANZ, 2009).

As duas únicas espécies representantes da família na América do Sul, *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze e *Araucaria araucana* (Molina) C. Koch, são endêmicas dessa região (DUTRA e STRANZ, 2009) onde, *A. angustifolia* é a única espécie da família que ocorre no Brasil (SOUZA, 2006; KERSHAW e WAGSTAFF, 2001).

Existe certo consenso quanto ao número de espécies em *Araucaria*, 19 segundo Setoguchi et al. (1998) ou 18 conforme Page (1990), distribuídas nas quatro seções (Tabela 1).

Tabela 1 Seções e espécies de araucária, de acordo com Setoguchi et al., (1998). Área de distribuição: América do Sul (AS); Austrália (AU); Nova Guiné (NG), Nova Caledônia (NC); Ilhas Norfolk (IN).

Seção	Espécies	
<i>Araucaria</i>	<i>A. angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze (AS)	<i>A. araucana</i> (Molina) C. Koch (AS)
<i>Bunya</i>	<i>A. bidwillii</i> Hook. (AU)	
<i>Intermedia</i>	<i>A. hunsteinii</i> K. Schum. (NG)	
<i>Eutacta</i>	<i>A. cunninghamii</i> Aiton ex D. Don (AU) (NG)	<i>A. heterophylla</i> (Salisb.) Franco (IN)
	<i>A. bernieri</i> J. Buchholz (NC)	<i>A. biramulata</i> J. Buchholz (NC)
	<i>A. columnaris</i> Hook. (NC)	<i>A. humboldtensis</i> J. Buchholz (NC)
	<i>A. laubenfelsii</i> Corbasson (NC)	<i>A. montana</i> Brongn. & Gris (NC)
	<i>A. luxurians</i> de Laub. & Gaussen (NC)	<i>A. muelleri</i> (Carriere, (GEH)) Brong. & Gris. (NC)
	<i>A. nemorosa</i> de Laub. (NC)	<i>A. rulei</i> F. Muell (NC)
	<i>A. schmidii</i> de Laub. (NC)	<i>A. scopulorum</i> de Laub (NC)
	<i>A. subulata</i> Vieill (NC)	

FONTE: Setoguchi et al., (1998)

1.2 Floresta com araucária

No Brasil, a Floresta com Araucária ou Floresta Ombrófila Mista (FOM) distribuía-se originalmente nos estados do Rio Grande do Sul, Paraná, Santa Catarina, São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais e Espírito Santo, ocorrendo sua maior expansão territorial nos estados do sul (BACKES, 2009). Sua área de ocorrência limitava-se a um quadrilátero formado pelos paralelos 19° 15' e 31° 30' S e pelos meridianos 41°30' e 54° 30' W (CARVALHO, 1994), cobrindo uma área de 20 milhões de hectares (MAHLER JUNIOR e LAROCCA, 2009; INDRUSIAK e MONTEIRO, 2009), atualmente remanesecem cerca de 600 mil ha (FRANCO e DILLENBURG, 2007).

No Paraná, a FOM representava uma área de 7,4 milhões de ha, equivalente a 36,67% da cobertura vegetal original do estado (MAACK, 2012). Hoje, o estado resguarda os maiores remanescentes contíguos da floresta (MARQUES et al., 2004) abrangendo cerca de 3% de sua formação original (BITTENCOURT e SEBBENN, 2009), 0,14% em estágio avançado de sucessão (FUPEF, 2001). Além disso, o Paraná é o estado que possui os maiores remanescentes em Unidades de Conservação (UC) (INDRUSIAK e MONTEIRO, 2009).

Dentre as UC que conservam significativas áreas da Floresta com araucária, destaca-se o Parque Nacional do Iguaçu (ParNa Iguaçu) representando a maior unidade de conservação federal de proteção integral do Paraná, correspondendo mais de 1% de toda cobertura vegetal original do estado (SEKIAMA *et al.* 2001), sendo o remanescente de Floresta Subtropical mais significativo do Sul do Brasil (PRIMACK e RODRIGUES 2001).

1.3 Autoecologia de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntz

Por possuir alto valor econômico, madeireiro, resinífero e alimentar (EIRA *et al.*, 1994), descrita por Scheeren (1999) como a mais importante essência florestal nativa da economia madeireira do Sul do Brasil, os remanescentes da Floresta com Araucária encontram-se drasticamente reduzidos, levando-a ao *status* de criticamente em perigo pela *Red List of Threatened Species* – IUCN (FARJON, 2012) e vulnerável na lista de espécies em extinção (IBAMA, 2012).

E embora seja considerada uma espécie-chave na manutenção de seu ecossistema associado (OLIVEIRA *et al.*, 2009; BITTENCOURT e SEBBENN, 2009), de extrema relevância social, econômica e ecológica, as populações de araucária têm sido pouco estudadas em termos biológicos (MANTOVANI *et al.*, 2004), demográficos (PALUDO *et al.*, 2009), espaciais (ANJOS *et al.*, 2004), regenerativos (VALENTE *et al.*, 2010; PALUDO *et al.*, 2009; RIOS, 2010), intensidade luminosa (DUARTE *et al.*, 2002, DUARTE e DILLENBURG, 2000) e dendrocronológicos e dendroecológicos (OLIVEIRA *et al.*, 2010).

Assim, pela necessidade de maior conhecimento autoecológico da *Araucaria angustifolia*, em remanescentes naturais protegidos, estudos envolvendo a araucária na maior UC Federal do Paraná são de extrema importância na compreensão do atual estado de conservação da nossa principal conífera da floresta brasileira.

A busca por maiores conhecimentos dos processos dinâmicos e ecológicos das populações vegetais é premissa básica no embasamento e elaboração de ações conservacionistas e manejo de áreas naturais (LONGHI *et al.*, 2010).

Desta forma, a regeneração é um elemento crucial no estabelecimento da espécie, e seu melhor conhecimento se torna fundamental nas proposições de ações de recuperação das populações (PALUDO *et al.*, 2011).

Entretanto, muitas dúvidas ainda permanecem sobre a estratégia de regeneração e posição sucessional da araucária em ambientes naturais (RIOS, 2010; PALUDO *et al.*, 2009; VEBLEN *et al.*, 1995).

Inicialmente alguns autores sugeriam um carácter pioneiro, atribuindo o desenvolvimento apenas na presença de alta intensidade luminosa (REITZ e KLEIN, 1966). No entanto, algumas pesquisas indicam sua capacidade regenerativa em baixas intensidades luminosas em ambientes naturais (VALENTE *et al.*, 2010, PALUDO *et al.*, 2009, RIOS, 2010; EMER e FONSECA, 2011), e em condições controladas (INOUE *et al.*, 1979; DUARTE e DILLENBURG, 2000; FRANCO e DILLENBURG, 2007).

Outro aspecto importante é a baixa capacidade regenerativa em florestas desenvolvidas, como observado por Duarte *et al.* (2002) e Souza (2007), descrevendo a falta frequente de indivíduos com diâmetro a altura do peito (DAP) menores que 4.8cm em ambiente natural.

Navares *et al.* (2005) também relatam a baixa densidade, frequência e dominância da espécie em uma unidade de conservação, refletindo baixos valores de importância na comunidade. Ou seja, estudos que visem conhecer a regeneração da espécie em florestas conservadas, são essenciais para compreender sua dinâmica e estrutura populacional.

1.4 Dendroecologia

Além de sua importância como espécie-chave na resiliência da FOM, o lenho da araucária pode fornecer registros históricos confiáveis das variações climáticas pretéritas vivenciadas por seus indivíduos.

Esses registros históricos são encontrados nos anéis de crescimento, descritos por Oliveira *et al.* (2007), como estruturas anatômicas do xilema secundário que observados em corte transversal, delimitam círculos mais ou menos concêntricos e contínuos, ao redor da medula.

O estudo de séries temporais dos anéis de crescimento é denominado de dendrocronologia e suas relações com variáveis ambientais de dendroecologia (OLIVEIRA, 2007).

As análises dos anéis de crescimento em árvores permitem a identificação e reconstrução das variações ambientais pretéritas, dinâmicas populacionais, variações dos recursos hídricos, edáficos, efeitos dos ventos, herbívora, presença

de metais pesados no ambiente e ação antrópica (BOTOSSO e MATTOS, 2002), demonstrando inúmeras analogias que podem ser descritas através das datações. Além disso, possibilitando um melhor entendimento do clima e dinâmica vegetacional pelas informações derivadas dos anéis de crescimento (OLIVEIRA *et al.*, 2010).

Seitz e Kanninen (1989); Botosso e Mattos (2002); Oliveira *et al.* (2010); Oliveira. (2007) e Wehr e Tomazello Filho (2000) relatam o potencial dedrocronológico e dendroecológico de *A. angustifolia*, apresentando formações anuais de anéis, embora estudos dendroecológicos com araucária sejam ainda relativamente pouco explorados (OLIVEIRA *et al.*, 2010).

2 Hipóteses e/ou questões técnicos-científicas

2.1 Geral

Pressupondo que a espécie possua comportamento distinto em diferentes condições de crescimento, existiriam diferenças no padrão de regeneração, distribuição espacial e nas respostas dendroecológicas entre indivíduos ocorrendo naturalmente no interior florestal e borda de floresta natural?

2.2 Específicas

- Existem diferenças no padrão estrutural, distribuição espacial e taxas anuais de incremento radial da araucária ocorrendo em diferentes distâncias da borda florestal?
- Seria a densidade do dossel um fator limitante na regeneração da espécie?
- Por ser uma espécie dióica os indivíduos regenerantes estariam mais próximos às plantas-mãe?
- Apresentariam os indivíduos machos e fêmeas taxas de incremento anual corrente e acumulado distintas?
- Qual seria a relação e/ou provável influência dos parâmetros meteorológicos avaliados sobre o crescimento da espécie em ambas as condições de sítio?

3Referências

- ANJOS, A.; MAZZA, M. C. M.; SANTOS, A. C. M, C. S.; DELFINI, L. T. Análise do padrão de distribuição espacial da araucária (*Araucaria angustifolia*) em algumas áreas no Estado do Paraná, utilizando a função K de Ripley. **Scientia Forestalis**, v.66, n.50, p.38-45, 2004.
- BACKES, A. Distribuição geográfica atual das florestas com Araucária: condicionamento climático. *In: Floresta com Araucária: Ecologia, Conservação e Desenvolvimento Sustentável*, ed. FONSECA, C.R.; SOUZA, A. F.; LEAL-ZANCHET, A. M.; DUTRA, T. L.; BACKES, A.; GRANADE, G. Ribeirão Preto: Holos, 2009. p. 39-44.
- BOTOSSO, P. C.; MATTOS, P. P. **Conhecer a idade das árvores: importância e aplicações**. Colombo: *Embrapa Florestas*, 2002.
- BITTENCOURT, J. V. M.; SEBBENN, A. M. Genetic effects of forest fragmentation in high-density *Araucaria angustifolia* populations in Southern Brazil. **Tree Genetics & Genomes**, v. 5, n. 4, p. 573–582, 2009.
- CARVALHO, P.E.R. **Espécies Florestais Brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Florestas. Embrapa- CNPF, Colombo. 1994.
- CHAW, S. M.; ZHARKIKH, A.; SUNG, H. M.; LUU, T.C.; LI, W. H. Molecular phylogeny of extant Gymnosperms and seed plant evolution: Analysis of nuclear 18s rRNA sequences. **Molecular Biology and Evolution**, v. 14, n. 1, p.56-68, 1997.
- DUARTE, L. S.; DILLENBURG, L. R. Ecophysiological responses of *Araucaria angustifolia* (Araucariaceae) seedlings to different irradiance levels. **Australian Journal of Botany**, v. 48, n.4, p.531-537, 2000.
- DUARTE, L. S.; DILLENBURG, L. R.; ROSA, L. M. G. Assessing the role of light availability in the regeneration of *Araucaria angustifolia* (Araucariaceae). **Australian Journal of Botany**, v. 50, n. 6, p.741-751, 2002.
- DUTRA, T. L.; STRANZ, A. Biogeografia, evolução e ecologia da família Araucariaceae: o que mostra a Paleontologia. *In: Floresta com Araucária: Ecologia, Conservação e Desenvolvimento Sustentável*, ed. FONSECA, C.R.; SOUZA, A. F.; LEAL-ZANCHET, A. M.; DUTRA, T. L.; BACKES, A.; GRANADE, G. Ribeirão Preto: Holos, 2009. p. 15-33.
- EIRA, M. T. S.; SALOMÃO, A. N.; CUNHA, D. C.; CARRARA, D. K.; MELLO, C. M. C. Efeito do teor de água sobre a germinação de sementes de *Araucaria angustifolia* (BERT.) O. KTZE. Araucariaceae. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 16, n. 1, p. 71-75, 1994.
- EMER, C.; FONSECA, C. R. Araucaria Forest conservation: mechanisms providing resistance to invasion by exotic timber trees. **Biol Invasions**, v.13, p. 189-202, 2011.

FARJON, A. *Araucaria angustifolia*. In: IUCN 2007. 2007 **IUCN Red List of Threatened Species**. Disponível em: www.iucnredlist.org. Acessado em: 5 de junho de 2012.

FRANCO, A. M. S.; DILLENBURG, L. R. Ajustes morfológicos e fisiológicos em plantas jovens de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em resposta ao sombreamento. **Hoehnea**, v. 34, n. 2, p.135-144, 2007.

FUPEF-Fundação de pesquisas florestais do Paraná. **A floresta com araucária no Paraná**: Conservação do bioma floresta com araucária, diagnósticos dos remanescentes florestais. Janeiro de 2001.

GILMORE, S.; HILL, K. D. Relationships of the *Wollemi Pine* (*Wollemia nobilis*) and a molecular phylogeny of the Araucariaceae. **Telopea**, v. 7, n. 3, p. 257-291, 1997.

HAMPP, R.; MERTZ, A.; SCHAIBLE, R.; SCHWAIGERER, M.; NEHLS, U. Distinction of *Araucaria angustifolia* seeds from different locations in Brazil by a specific DNA sequence. **Trees**, v. 14, n.8, p. 439-434, 2000.

HID, R. S. *Araucaria* (Araucariaceae) species from Australian tertiary sediments: a micromorphological study. **Australian Systematic Botany**, v.3, n. 2, p. 203-220, 1990.

IBAMA. **Lista oficial de flora ameaçada de extinção. Portaria 37-N 1992**. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/flora/extincao.htm>>. Acessado em: 5 de junho de 2012.

INDRUSIAK, C.; MONTEIRO, S. A. Unidades de conservação na área de distribuição da Araucária. In: **Floresta com Araucária: Ecologia, Conservação e Desenvolvimento Sustentável**, ed. FONSECA, C.R.; SOUZA, A. F.; LEAL-ZANCHET, A. M.; DUTRA, T. L.; BACKES, A.; GRANADE, G. Ribeirão Preto: Holos, 2009. p.253-266.

INOUE, M. T.; GALVAO, F.; TORRES, D. V. Estudo ecofisiológico sobre *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze.: Fotossíntese em dependência à luz no estágio juvenil. **Revista Floresta**, v. 10, n. 1, p.5-9, 1979.

KERSHAW, P.; WAGSTAFF, B. The Southern Conifer Family Araucariaceae: history, Status, and Value for Paleoenvironmental Reconstruction. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 32, n. 14, p.397-414, 2001.

LONGHI, S. J.; BRENA, D. A.; RIBEIRO, S. B.; GRACIOLI, C. R.; LONGHI, R. V.; MASTELLA, T. Fatores ecológicos determinantes na ocorrência de *Araucaria angustifolia* e *Podocarpus lambertii*, na floresta ombrófila mista da Flona de São Francisco de Paula, RS, Brasil. **Ciência Rural**, v. 40, n. 1, p. 57-63, 2010.

MAACK, R. **Geografia física do estado do Paraná**. Ponta Grossa: UEPG, 4º ed. 2012.

MAHLER JUNIOR, J. K. F.; LAROCCHA, J. F. Fitofisionomias, desmatamento e fragmentação da floresta com Araucária. *In: Floresta com Araucária: Ecologia, Conservação e Desenvolvimento Sustentável*, ed. FONSECA, C.R.; SOUZA, A. F.; LEAL-ZANCHET, A. M.; DUTRA, T. L.; BACKES, A.; GRANADE, G. Ribeirão Preto: Holos, 2009. p. 243-252.

MANTOVANI, A.; MORELLATO, L. P. C.; REIS, M. S. Fenologia reprodutiva e produção de sementes em *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 27, n. 4, p.787-796, 2004.

MARQUES, M. C.M.; ROPER, J. J.; SALVALAGGIO, A. P. B. Phenological patterns among plant life-forms in a subtropical forest in southern Brazil. **Plant Ecology**, v. 173, n. 2, p. 203–213, 2004.

NAVARES, I. S.; BRENA, D. A.; LONGHI, S. J. Estrutura da regeneração natural em floresta ombrófila mista na Floresta Nacional de São Francisco de Paula RS. **Ciência Florestal**, v. 15, n. 4, p. 331-342, 2005.

OLIVEIRA, J. M. **Anéis de crescimento de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) O. Kuntze: bases de dendrocronologia em ecossistemas subtropicais montanos no Brasil**. Tese, (Doutor em ecologia), Setor de Biociência, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007.

OLIVEIRA J. M.; SANTAROSA E.; PILLAR V. D.; ROIG F. A. Seasonal cambium activity in the subtropical rain forest tree *Araucaria angustifolia*. **Trees**, v. 23, p.107-115, 2009.

OLIVEIRA, J. M.; ROIG, F. A.; PILLAR, V. D. Climatic signals in tree-rings of in the southern Brazilian highlands. **Austral Ecology**, v. 35, p. 134-147, 2010.

PAGE, C.N. Araucariaceae. *In: The families and genera of vascular plants – vol. 1 – Pteridophytes and Gymnosperms*, ed. KRAMER, K. U.; GRENN, P.S. Berlin: Springer Verlag, 1990. p. 294-299.

PALUDO, G. F.; MANTOVANI, A.; KLAUBERG, C.; REIS, M. S. Estrutura demográfica e padrão espacial de uma população natural de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (Araucariaceae), na reserva genética florestal de Caçador, estado de Santa Catarina. **Revista Árvore**, v. 33, n.6, p.1109-1121, 2009.

PALUDO, G. F.; MANTOVANI, A.; REIS, M. S. Regeneração de uma população natural de *Araucaria angustifolia* (Araucariaceae). **Revista. Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 5, p.1107-1119, 2011.

PRIMACK, R. B; RODRIGUES, E. **Biologia da conservação**. Londrina: Planta, 2001.

REITZ, R.; KLEIN, R. Araucariáceas. *In: REITZ, R. (Ed.). Flora Ilustrada Catarinense*. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, p. 1-65. 1966.

RIOS, C. M. **Capacidade regenerativa da floresta missioneira argentina frente a distúrbios antrópicos**. Tese, (Doutor em engenharia florestal-Conservação da natureza) – Setor de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

SCHEEREN, L. W.; FINGER, C. A. G.; SCHUMACHER, M. V.; LONGHI, S. J. Crescimento em altura de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. em três sítios naturais, na região de Canela – RS. **Ciência Florestal**, v. 9, n. 2, p. 23-40, 1999.

SEKIAMA, M. L.; REIS, N. R.; PERACCHI, A. L.; ROCHA, V. J. Morcegos do Parque Nacional do Iguaçu, Paraná (Chiroptera, Mammalia). **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 18, n. 3, p. 749-754, 2001

SETOGUCHI, H.; OSAWA, T. A.; PINTAUD, J.; JAFFRE, T.; VEILLON, J. M. Phylogenetic relationships within Araucariaceae based on RBCL gene sequences. **American Journal of Botany**, v. 85, n. 11, p. 1507–1516, 1998.

SOUZA, M. I. F. **Análise da diversidade genética de populações de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze utilizando marcadores AFLP**. Dissertação, (Mestre em Ciências Biológicas) – Setor de Genética, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Rio de Janeiro, 2006.

SOUZA, A. F. Ecological interpretation of multiple population size structures in trees: The case of *Araucaria angustifolia* in South America. **Austral Ecology**, v. 32, p. 524-533, 2007.

STEFANOVIC, S.; JAGER, M.; DEUTSCH, J.; BROUTIN, J.; MASSELOT, M. Phylogenetic relationships of conifers inferred from partial 28S rRNA gene sequences. **American Journal of Botany**, v. 85, n. 5, p. 688–697, 1998.

VALENTE, T. P.; NEGRELLE, R. B.; SANQUETA, C. R. Regeneração de *Araucaria angustifolia* em três fitofisionomias de um fragmento de floresta ombrófila mista. **Iheringia**, v. 65, n. 1, p. 17-24, 2010.

VEBLEN, T.T., BURNS, B.R., KITZBERGER, T., LARA, A., VILLALBA, R. **The ecology of the conifers of southern South America**. In: Enright, N., Hill, R.S. (Eds.), Ecology of the southern conifers. Smithsonian Institution Press, Washington, 1995. p. 120–155.

WEHR, N.J.; TOMAZELLO FILHO, M. Caracterização dos anéis de crescimento de árvores de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze, através da microdensitometria de raios X. **Scientia florestalis**, v. 58, n. 53, p. 161-170, 2000.

CAPÍTULO 1

ESTRUTURA POPULACIONAL DE *Araucaria angustifolia* NO PARQUE NACIONAL DO IGUAÇU/PR

ESTRUTURA POPULACIONAL DE *Araucaria angustifolia* NO PARQUE NACIONAL DO IGUAÇU/PR

Alci Albiero Junior¹, Livia Godinho Temponi², Franklin Galvão³, Paulo Cesar Botosso⁴,
Ana Tereza Bittencourt Guimarães²

¹Biólogo, Mestrando em Botânica, UFPR, Curitiba, PR, Brasil - junioralbiero@hotmail.com

²Bióloga, Dr.^a UNIOESTE, Cascavel, PR, Brasil - liviatemponi@yahoo.com.br; anatbguimaraes@gmail.com

³Eng. Florestal, Dr., Depto. de Ciências Florestais, UFPR, Curitiba, PR, Brasil - fgalvao@ufpr.br

⁴Eng. Florestal, Dr., EMBRAPA Floresta, Colombo, PR, Brasil - paulo.botosso@embrapa.br

Resumo

A Floresta Ombrófila Mista encontra-se reduzida a apenas 3% de sua área original preservada em unidades de conservação. Este atual estado de supressão justifica a necessidade premente em estudar a unidade fitogeográfica e as espécies que a compõe. O objetivo do presente trabalho foi analisar a estrutura populacional, regeneração e distribuição espacial de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, no interior de uma floresta natural e na borda de uma floresta com monocultura agrícola. Todos os indivíduos de araucária a partir de 10 cm de altura foram registrados em 200 parcelas de 10 x 10 m, sendo amostrados 479 indivíduos (416 na borda e 63 no interior). Desses, 33 eram fêmeas, 37 machos, 49 juvenis e 360 regenerantes. A estrutura da população apresentou padrão semelhante ao J-invertido. Os indivíduos regenerantes apresentaram principalmente o padrão agregado de distribuição, já para os juvenis, machos e fêmeas o padrão foi uniforme. A densidade do dossel influenciou a frequência de indivíduos, sendo observadas maiores frequências em maiores densidades, indicando que a regeneração da espécie é mais efetiva em ambientes sombreados. Devido ao grande número de indivíduos amostrados em diferentes classes de tamanho, o Parque Nacional do Iguaçu representa um importante remanescente na conservação de *A. angustifolia*.

Palavras chave: Densidade do dossel; Floresta Ombrófila Mista; índice de Morisita; regeneração.

Abstract

Population structure of Araucaria angustifolia in Iguaçu National Park/PR. The Mixed Ombrophilous Forest is reduced to only 3% of its original preserved area in conservation units. This current suppression state justifies the urgent need of study the phylogeographic unit as well its composed species. The aim of this study was to analyze the population structure, regeneration and spatial distribution of *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntz. within a natural forest and forest edge with agricultural monoculture. All araucaria individuals from 10 cm high were recorded in 200 plots of 10 x 10 m. 479 individuals were sampled (416 at the edge and 63 inside). Of these, 33 were females, 37 males, 49 juveniles and 360 saplings. The population structure performance was similar to standard inverted-J. Regenerating individuals had mainly the aggregate distribution pattern, while juveniles, males and females had a uniform pattern. The density of the canopy affected individuals' frequency, where higher frequencies at higher densities were observed indicating that the specie regeneration is more effective in shadowed environments. Due to the large number of individuals sampled in different size classes, the Iguaçu National Park is an important conservation remaining of *A. angustifolia*.

Keyword: Density canopy; Mixed Ombrophilous Forest; Morisita index; regeneration.

4.1 INTRODUÇÃO

O atual estado de supressão da Floresta Ombrófila Mista (FOM) está diretamente relacionado à sua espécie mais característica, *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, que em virtude da qualidade de sua madeira foi alvo de forte exploração predatória ao longo de sua história (DUARTE *et al.*, 2002; SANQUETA *et al.*, 2010). A redução de remanescentes da FOM tem promovido a degradação das populações de araucária, dificultando sua regeneração natural (SHIMIZU *et al.*, 2000) e levando a espécie ao *status* de “criticamente em perigo” pela *Red List of Threatened Species* – IUCN (FARJON, 2012) e “em perigo” no Livro Vermelho da Flora do Brasil (CARLUCCI *et al.*, 2013). Embora esteja ameaçada, *A. angustifolia* exerce papel chave na estrutura e funcionamento desse ecossistema, sendo a espécie de maior valor econômico da FOM servindo como fonte de recursos para o homem e para a fauna, favorecendo a resiliência desta unidade fitogeográfica (DUARTE; DILLENBURG, 2000; MATTOS *et al.*, 2007).

Inicialmente alguns autores sugeriam um caráter pioneiro da espécie, desenvolvendo-se apenas na presença de alta intensidade luminosa (REITZ; KLEIN, 1966). Foi descrita por Souza *et al.* (2008) como uma espécie pioneira de ciclo de vida longo, intolerante à sombra, dependente de distúrbios para seu recrutamento. Entretanto, outros trabalhos, alguns deles mais recentes, têm indicado sua capacidade regenerativa em baixas intensidades luminosas em ambientes naturais (PALUDO *et al.*, 2009; VALENTE *et al.*, 2010; EMER; FONSECA, 2011) e em condições controladas (INOUE *et al.*, 1979; INOUE; TORRES, 1980; DUARTE; DILLENBURG, 2000; FRANCO; DILLENBURG, 2007).

Mesmo com grande relevância social, econômica e ecológica, as populações naturais de araucária são pouco estudadas em termos biológicos (MANTOVANI *et al.*, 2004), demográficos (PALUDO *et al.*, 2009), espaciais (ANJOS *et al.*, 2004), regenerativos (PALUDO *et al.*, 2009; VALENTE *et al.*, 2010; RIOS, 2010) e influência da intensidade luminosa em sua regeneração (DUARTE; DILLENBURG, 2000; DUARTE *et al.*, 2002). Além disso, os poucos estudos que abordam esses aspectos em diferentes condições de crescimento (e.g. interior florestal e borda de floresta natural) não incluem o mais significativo remanescente de Floresta Subtropical do Sul do Brasil, o Parque Nacional do Iguaçu (ParNa Iguaçu) (PRIMACK; RODRIGUES, 2001).

A acentuada redução e fragmentação da FOM, restringindo-se atualmente às unidades de conservação (RIBEIRO *et al.*, 2009), e a falta de conhecimentos autoecológicos da espécie geram lacunas no embasamento de práticas adequadas em seu manejo e conservação. Dessa forma, conhecer como a estrutura populacional da espécie se comporta em ambientes naturais a diferentes distâncias da borda florestal, permitirá compreender como a crescente fragmentação dessas áreas e consequente diminuição de áreas *core* afetam a estrutura populacional da mais importante espécie florestal nativa da economia madeireira do Sul do Brasil (SCHEEREN, 1999).

Assim, considerando a necessidade premente em prever o estabelecimento e desenvolvimento da espécie com vistas a sua conservação, estudos que abordem sua regeneração se tornam essenciais uma vez que permitem inferências sobre a densidade da população, estrutura etária e padrões de distribuição. Facultando o conhecimento embasado do *status* de conservação da espécie na fitocenose avaliada.

Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a estrutura, o padrão de distribuição e o efeito da densidade do dossel florestal na regeneração da *Araucaria angustifolia* em diferentes condições de crescimento no ParNa Iguaçu.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 Área de estudo

A área de estudo compreende duas fitocenoses de Floresta Ombrófila Mista (FOM), formação típica e exclusiva dos planaltos da região Sul do Brasil, contemplando representantes das floras tropicais e temperadas com dominância de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (RODERJAN *et al.*, 2002). O estudo foi realizado no Parque Nacional do Iguaçu (ParNa Iguaçu), unidade de conservação federal de proteção integral (RYLANDAS; BRANDON, 2005). O ParNa Iguaçu abrange 185.262,50 ha (IBAMA, 1999), resguardando uma das principais áreas com vegetação nativa no estado do Paraná. Excluindo a Serra do Mar brasileira, representa junto com o Parque Nacional São Joaquim/SC, os únicos remanescentes de Floresta Atlântica de interior maiores que 50.000 ha, sendo o único fragmento que possui áreas com até 12 km distantes da borda (RIBEIRO *et al.*, 2009).

A Floresta Ombrófila Mista, formação alvo do presente trabalho, ocorre na porção norte do parque, em transição com a Floresta Estacional Semidecidual, estendendo-se ao longo de vales dos rios, em sentido norte/sul, em áreas de relevo com altitudes máximas pouco superiores a 600 m (IBAMA, 1999).

O clima da região segundo o sistema de Köppen é Cfa, com temperaturas mínimas inferiores a 18°C e máximas superiores a 22°C, com predomínio de chuvas nos meses de verão, embora sem estação seca definida (IAPAR, 2013).

A formação geológica é de origem vulcânica, exibindo geralmente composição básica do tipo toleítico e esporadicamente rochas efusivas ácidas e intermediárias, respectivamente de caráter dacítico e andesítico (SALAMUNI *et al.*, 1999).

4.2.2 Parcelas e estrutura populacional

Os dois sítios amostrais do trabalho (Figura 1) estão situados politicamente nos municípios de Santa Tereza do Oeste/PR (sítio borda) e Céu Azul/PR (sítio interior), abrangendo a porção nordeste e noroeste do Parque Nacional do Iguaçu.

Em cada sítio foram plotadas quatro parcelas amostrais. As parcelas localizadas no sítio borda situam-se a 50 metros da borda florestal (25°07'69.0"S e 53°39'52.6"O), sendo essa, uma área próximo a monocultura agrícola, em altitudes variando de 580 a 600 metros inserida na microbacia do rio Gonçalves Dias.

As parcelas localizadas no sítio interior estão inseridas a 4000 metros do interior da floresta (25°08'08.5"S e 53°46'76.8"O), em altitudes variando de 580 a 600 metros, na microbacia do rio Floriano.

Cada parcela de 50 x 50 m (0,25 ha) foi plotada aleatoriamente, com distância mínima de 50 m entre elas. As parcelas de 0,25 ha foram divididas em 25 sub-parcelas de 10x10 m (100m²). Assim, os indivíduos foram amostrados em 200 parcelas de 10x10m, abrangendo 2 ha de área amostral total, sendo 1ha no sítio de borda e 1 ha no sítio de interior.

Todos os espécimes de araucária com altura maior ou igual a 10 cm foram avaliados, sendo que àqueles com diâmetro à altura do peito (DAP) maior que 4,8 cm foram marcados com plaquetas de alumínio e tiveram suas alturas e diâmetros mensurados. Foram caracterizados como juvenis quando não apresentaram estruturas reprodutivas e adultos quando apresentaram ginostróbilos (adultos fêmeas) ou androstróbilos (adultos machos). Para a observação dos androstróbilos e ginostróbilos foi utilizado binóculos, como sugerido por Mantovani *et al.* (2004).

Os indivíduos regenerantes, àqueles que possuísem DAP menor que 4,8 cm, foram categorizados em diferentes classes de altura, com base em Rios (2010): classe 1) 10 a 50 cm; classe 2) 50,1 cm a 1 m; e classe 3) maior que 1m.

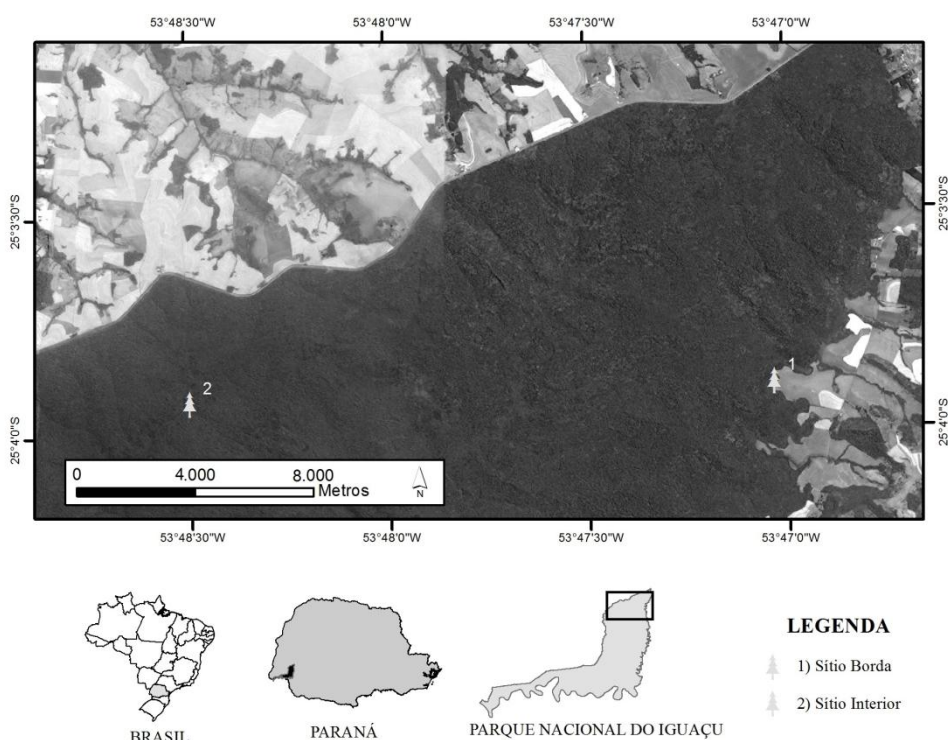


Figura 1 Brasil, Paraná, Parque Nacional do Iguaçu e sítios amostrais.

4.2.3 Variáveis estruturais e análises estatísticas

A densidade de indivíduos foi comparada entre áreas por meio do teste de Qui Quadrado para homogeneidade. As frequências das classes de diâmetro foram comparadas graficamente entre os sítios de interior e borda.

As variáveis quantitativas diâmetro e altura foram avaliadas nas categorias de indivíduos regenerantes, macho, fêmea e juvenis. Estes dados foram analisados quanto ao padrão de distribuição por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov&Lilliefors, e a homogeneidade das variâncias fora conferida por meio do teste de Levene. Uma vez que tais variáveis não se apresentarem em normalidade, bem como não apresentarem homocedasticidade, foram comparadas entre as áreas por meio do teste não paramétrico de Mann-Whitney U. Estas variáveis foram também comparadas entre os gêneros (machos e fêmeas) dentro de cada sítio por meio do mesmo teste estatístico.

A proporção sexual foi avaliada por meio do teste de Qui-Quadrado para homogeneidade, sendo a proporção genética clássica 1:1 esperada.

A dependência da frequência de fêmeas na regeneração foi avaliada pelo teste de Qui-Quadrado para independência.

Para analisar o padrão de distribuição espacial foi utilizado o Índice de Morisita (I_d), sendo $I_d = 1$, distribuição aleatória; $I_d > 1$, distribuição agrupada; $I_d < 1$, distribuição uniforme. Buscando verificar a significância do índice foi utilizado o teste de Qui-quadrado, conforme Krebs (1989).

A densidade do dossel entre sítios foi analisada por meio do teste t para amostras independentes, uma vez que tais dados se encontravam em acordo com os pressupostos de normalidade e homocedasticidade.

Os dados de altura e DAP foram correlacionados com os valores de densidade de dossel por meio do Coeficiente de Correlação de Pearson e sua significância estatística por meio do teste t para correlação.

As frequências de regenerantes foram comparadas entre classes de densidade de dossel (49 a 74% e 75 a 100%), independentemente dos sítios avaliados, por meio do teste de Mann-Whitney-U.

Os testes estatísticos foram realizados através do software XLSTAT 2013 com nível de confiança de 5%.

4.2.4 Densidade do dossel florestal

As análises da densidade do dossel foram realizadas por meio de um densiômetro esférico convexo de Lemmon (LEMMON, 1956), instrumento composto por um espelho convexo, com seu centro dividido em 24 quadrantes. Segundo Lemmon (1956) a leitura do instrumento é realizada dividindo mentalmente cada quadrante em quatro, onde se devem contar sistematicamente quantos quartos do quadrante representam a abertura do dossel, este total deve ser então multiplicado por 1,04, obtendo-se a porcentagem da área não ocupada pelas copas das árvores ou abertura do dossel (LEMMON, 1956).

Entretanto, como o instrumento possui uma superfície de reflexão curva, sobreposições nas leituras decorrentes de observações laterais e acima da cabeça podem diminuir a precisão do equipamento (STRICKLER, 1959). Assim, para reduzir as observações do dossel nos lados e acima da cabeça do observador, minimizando as observações repetidas como apontado por Kelley e Krueger (2005), optou-se por utilizar a leitura do densiômetro segundo as modificações sugeridas por Strickler (1959). Essa modificação permite calcular valores de densidade média que não são tendenciosos por pontos duplicados e requer menos tempo e confusão nas observações (STRICKLER, 1959).

A técnica consiste em utilizar apenas 17 pontos dos 24 quadrantes, registrando-se quais desses pontos são cobertos pelo dossel. Dessa forma, para as médias de densidade de cada parcela, o total dos 17 pontos cobertos pelo dossel em quatro medidas (norte, sul, leste, oeste) foram somadas e multiplicadas por 1,5 e a correção percentual sendo removida subtraído o resultado por um (1%) (STRICKLER, 1959). Dessa forma, a porcentagem de densidade do dossel foi assumida por meio deste número e a fim de obter maior precisão nas leituras, as medições foram realizadas na parte central de cada sub-parcela (10x10), sempre por uma mesma pessoa a 1 m do solo (PALETTO; TOSI, 2009).

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao todo foram registrados, nos dois sítios amostrais, 479 indivíduos de araucária, 33 fêmeas, 37 machos, 49 juvenis e 360 regenerantes (Tabela 2). A densidade de indivíduos entre sítios foi estatisticamente significativa ($\chi^2=20,04$; $p<0,05$), sendo observados 416 indivíduos.ha⁻¹ no sítio borda e 64 indivíduos.ha⁻¹ no sítio interior. A densidade de indivíduos na borda (416 ind.ha⁻¹) pode ser caracterizada como alta comparando-se aos trabalhos de Paludo *et al.* (2009) (100 ind.ha⁻¹), Mantovani *et al.* (2004) (32 ind.ha⁻¹), Navares (2005) (23 ind.ha⁻¹) e Lingner (2007) (64 ind.ha⁻¹). Embora a população amostrada no interior tenha apresentado menor densidade de indivíduos (64 ind.ha⁻¹), estes resultados contradizem Fontoura *et al.* (2006) os quais relata a não existência de araucárias distantes 250m da borda florestal. Este padrão de baixa densidade também foi observado por Backes (2001), Duarte *et al.* (2002), Navares *et al.* (2005), Puchalsky *et al.* (2006) e Valente *et al.* (2010), os quais relacionam a baixa densidade de araucária em comunidades com estágio sucessional avançado, característica do sítio interior do presente trabalho.

Contudo, apesar da diferença de frequência, foi possível verificar que as duas populações apresentaram padrão estrutural semelhante ao de J-invertido (Figura 2), característico de populações dinâmicas e inequidâneas (KOLEHMAINE; MULTIKAINEN, 2007). Todavia, não foram caracterizadas como florestas balanceadas, pois não mantiveram constante a taxa de redução do número de árvores com o aumento do diâmetro (MEYER, 1952).

Tabela 2 Indivíduos amostrados nos diferentes sítios, no Parque Nacional do Iguaçu-PR.

Classes	Sítio borda				Sítio interior			
	DA	DR	FA	FR	DA	DR	FA	FR
Fêmeas	24	5,7	21	11,5	9	14,29	6	15,8
Machos	29	6,9	25	13,7	8	12,7	7	18,4
Juvenis	46	11,07	26	14,2	3	4,76	3	7,9
R1	179	43,2	52	28,4	14	22,2	7	18,4
R2	107	25,7	42	23,0	25	39,6	12	31,6
R3	31	7,45	17	9,3	4	6,3	3	7,9
Total	416				63			

R1 (Regenerante 1); R2 (Regenerante 2); R3 (Regenerante 3); DA (Densidade absoluta); DR (Densidade relativa); FA (Frequência absoluta); FR (Frequência relativa).

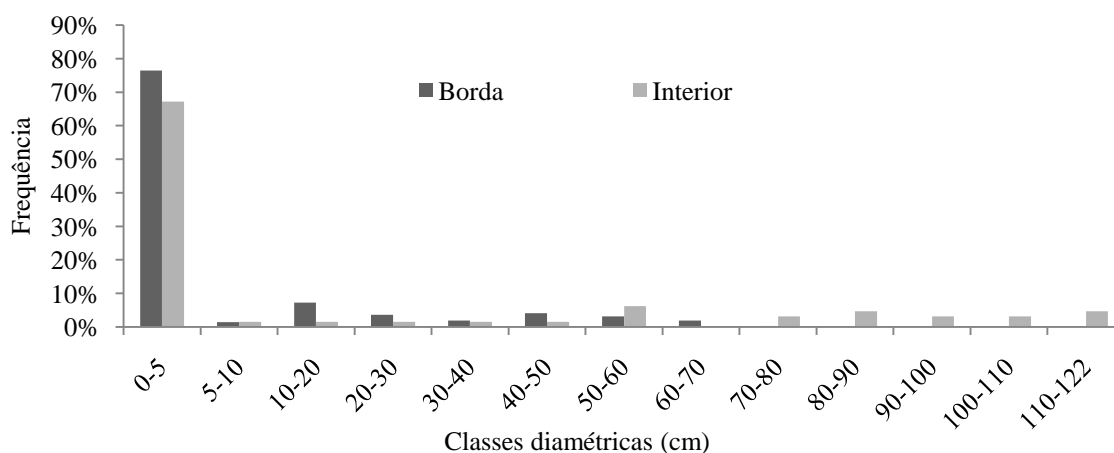


Figura 2 Frequências dos indivíduos por classes diamétricas nos sítios amostrais/Parque Nacional do Iguaçu/PR.

O déficit de árvores no sítio interior entre as classes de 60 a 70 cm e no sítio borda a partir de 70 cm de diâmetro pode indicar que houve certamente perturbação pretérita (PINHEIRO; MONTEIRO, 2009). A falta de indivíduos nas maiores classes de diâmetro na condição de borda da floresta corrobora o *status* de conservação, sendo caracterizada como área menos preservada em estágios intermediários de sucessão, em virtudes da proximidade dos limites da unidade de conservação e prováveis explorações madeireiras passadas (WATZLAWICK *et al.*, 2013). No sítio interior, a falta de indivíduos nas classes de 60 a 70 cm também sugere alteração na estrutura da população, embora, por se tratar de uma área mais preservada, essa falta de indivíduos pode ser atribuída a variações relacionadas à ecologia da espécie. Como sugerido por Felfilliet *al.* (1998), na maioria dos casos é observado descontinuidades, achatamentos e até ausência total de indivíduos em algumas classes diamétricas.

O padrão estrutural encontrado pode estar relacionado às características fisiológicas da araucária, que, por possuir sementes recalcitrantes, apresenta como estratégia de regeneração a formação de banco de plântulas (DUARTE *et al.*, 2002). Assim, a maior densidade de indivíduos nas menores classes de tamanho estaria relacionada a fatores intrínsecos da espécie.

A menor densidade de indivíduos no interior florestal pode estar sendo influenciada pela formação de um denso estrato de espécies herbáceas, afetando a intensidade luminosa e consequentemente inibindo a regeneração da espécie, corroborando com os dados de Einiget *al.* (1999).

Entretanto, sabe-se que a araucária sobrevive em áreas sob sombreamento moderado (INOUE *et al.*, 1979; INOUE; TORRES, 1980; DUARTE; DILLENBURG, 2000), demonstrando que a intensidade luminosa não seria o principal fator limitante causador da baixa densidade de indivíduos nas menores classes de tamanho no interior florestal. Dessa forma, a proximidade da borda parece favorecer a regeneração da espécie, que por possuir sementes com grande reserva nutritiva propiciaria seu crescimento inicial rápido (EING *et al.*, 1999; ZANDAVALLI, 2006). Outro fator que poderia estar relacionado à baixa densidade de indivíduos nas menores classes de tamanho no interior seria a coleta de sementes pela ação antrópica (SOUZA, 2007). Entretanto, acredita-se que este não seja o caso na área de estudo, por essa se tratar de uma unidade de conservação de proteção integral e o sítio estudado apresentar dificuldade de acesso, acredita-se que a coleta de sementes não seria efetiva por populações do entorno do ParNa Iguaçu. Por outro lado, a pressão de predação por pequenos

roedores poderiam sim afetar negativamente a regeneração da espécie em áreas florestais mais fechadas (IOB; VIEIRA, 2008; GLUGLIELME; GRANADE, 2006) como o sítio de interior.

Dessa forma, acredita-se que a baixa densidade de araucária em áreas mais preservadas como a de estudo seja uma característica da espécie e sua distribuição estaria mais relacionada pelos sistemas de latifolioladas, com as quais compete, ao invés de condicionamentos ambientais (ZANDEVALLE, 2006) (e.g. intensidade luminosa). Essa característica poderia sugerir que a estrutura etária de populações naturais florestais de araucária pode ser útil na descrição do *status* de preservação da fitocenose avaliada. Sendo assim, levanta-se a hipótese de que altas densidades seriam características de áreas menos preservadas e em estágios iniciais a intermediários de sucessão, enquanto que baixas densidades seriam características de áreas mais preservadas e em estágios mais avançados de sucessão.

Relacionando o diâmetro e altura dos indivíduos, foi possível observar que os machos apresentaram diferenças estatisticamente significativas de DAP ($U=22,500$; $p=0,001$) e altura ($U=37$; $p=0,007$) entre os sítios, sendo que os indivíduos do sítio interior apresentaram maiores valores para tais variáveis. Assim, 75% dos machos possuíam DAP com até 103 cm e alturas até 25 m, enquanto 75% dos machos do sítio borda possuíam DAP com até 50 cm e alturas até 20 m.

Na avaliação relativa às fêmeas, verificou-se que houve diferenças significativas apenas para DAP ($U=54$, $p=0,02$), sendo que 75% das fêmeas de interior possuíam DAP de até 85 cm e 75% das fêmeas de borda apresentaram até 61 cm. Já para os indivíduos juvenis não houve diferenças significativas entre sítios ($p>0,05$).

Esses resultados corroboram com a estrutura dos sítios, onde o sítio de interior é caracterizado como área mais preservada, em estágios mais avançados de sucessão, representando os indivíduos com os maiores DAPs e alturas.

Ao realizar a comparação entre gêneros no sítio borda, foi possível verificar que houve diferenças estatísticas significativas entre os valores de DAP entre machos e fêmeas ($U=206,500$; $p=0,01$), onde 75 % das fêmeas apresentaram DAP com até 60 cm e 75% dos machos de borda apresentaram DAP com até 50 cm. Esse resultado inicialmente não seria o mais usual, pois se tratando de uma espécie dióica, seria esperado um maior gasto energético dos indivíduos fêmeas, reduzindo seu crescimento. Entretanto, essa relação não foi observada neste estudo, nem por Paludo *et al.* (2009), onde o maior diâmetro dos indivíduos fêmeas estaria relacionado com o histórico de exploração da área, através de corte seletivo antes dessa se tornar unidade de conservação. Não houve significância estatística entre DAP e altura entre gêneros no sítio interior ($p>0,05$).

A proporção sexual esperada (1:1) nos dois sítios amostrados foi comprovada estatisticamente, sendo na borda ($\chi^2=0,236$; $p=0,627$) e no interior ($\chi^2=0,029$; $p=0,864$).

Foi possível observar a independência das fêmeas na regeneração ($\chi^2=41,72$; $p<0,05$), resultado também encontrado por Paludo *et al.* (2009) e Souza *et al.* (2008). Essa independência dos regenerantes em relação à planta mãe obtém suporte na teoria de "Hipótese de fuga" de Janzen (1970) e Connell (1971), mencionando a mortalidade de sementes e plântulas como fortemente dependente da densidade. Tal fato foi observado no presente estudo, não sendo observada densidade elevada de regenerantes próximos às plantas fêmeas. Essa distância também pode estar relacionada ao grande número de vertebrados, principalmente roedores e aves de grande porte, que atuam simultaneamente como dispersores e predadores de suas sementes (VIEIRA; IOB, 2006).

A distribuição espacial da araucária em ambos os sítios (Tabela 3) apresentou-se em sua maioria agregada, semelhante aos trabalhos de Nascimento *et al.* (2001); Paludo *et al.* (2009); Valente *et al.* (2010), podendo refletir a alta densidade da população principalmente no sítio borda. Segundo Cottam *et al.* (1953) e Pielou (1960), em populações que apresentam padrão agregado, seus indivíduos ocorrem em aglomerados e assim, a chance de ocorrência de um indivíduo é aumentada pela presença do outro. Em *Podocarpus nagi* (Thunb.) Kuntze, a agregação dos regenerantes pode ser explanada pela baixa capacidade de dispersão (NANAMI *et al.*, 1999), característica que provavelmente deva influenciar o padrão agregado nos indivíduos de araucária, reflexo de suas sementes pesadas e barocóricas (PALUDO *et al.*, 2009).

Entretanto, no sítio interior os indivíduos machos, juvenis e regenerantes da classe 3 apresentaram padrão uniforme, assim como os indivíduos machos e fêmeas do sítio borda. Dessa forma, a probabilidade de se encontrar outro indivíduo não é condicionada pela localização do primeiro (KREBS, 1989).

A distribuição dos indivíduos adultos não necessariamente reflete os mesmos padrões dos indivíduos regenerantes, sendo a distribuição dos indivíduos maduros reflexo do padrão espacial de recrutamento e influência de fatores de mortalidade (CRAWLEY, 2005). Por outro lado, acredita-se que a diferença no padrão de distribuição na classe regenerante 3 entre sítios seja influenciada pela diferença na densidade de indivíduos (quatro indivíduos no sítio interior e 31 no sítio borda) e pela mortalidade dos regenerantes, que no interior provavelmente é mais elevada em respostas à acentuada predação em florestas mais fechadas (IOB; VIEIRA, 2008), refletindo menores densidades.

Tabela 3 Padrão espacial dos indivíduos nos sítios amostrais/Parque Nacional do Iguaçu-PR.

Classes	Sítio interior		Sítio borda	
Fêmeas	Id=1,39; $\chi^2=0,2$	Uniforme	Id=10; $\chi^2=9,5$	Agregado
Machos	Id=0,95; $\chi^2=0,51$	Uniforme	Id=1,58; $\chi^2=0,36$	Uniforme
Juvenis	Id=3,49; $\chi^2=3,8$	Agregado	Id=0; $\chi^2=0,53$	Uniforme
R1	Id=2,36; $\chi^2=1,68$	Agregado	Id=9,23; $\chi^2=1,66$	Agregado
R2	Id=2,69; $\chi^2=6,15$	Agregado	Id=9,93; $\chi^2=4,15$	Agregado
R3	Id=6,45; $\chi^2=8,95$	Agregado	Id=13,33; $\chi^2=0,008$	Uniforme

R1 (Regenerante 1); R2 (Regenerante 2); R3 (Regenerante 3); Id (Índice de Morisita); χ^2 (valor qui-quadrado).

Em espécies com alta taxa de mortalidade dependente da densidade, o padrão espacial dos adultos tende a ser menos agregado do que o de plântulas (CRAWLEY, 2005), característica observada no presente estudo, em que os indivíduos maduros apresentaram principalmente padrão regular de distribuição, tanto no sítio interior como no de borda.

Anjos *et al.* (2004) obtiveram resultados diferentes, onde em áreas não exploradas e mais preservadas foi observado padrão aleatório e agregado. Já em áreas não exploradas, mas com coletas de pinhão não controladas, encontrou-se padrão regular a agregado. Souza *et al.* (2008) também encontraram resultados diferentes, onde em sítios não explorados as fêmeas apresentaram padrão aleatório e agregado, sendo que em sítio explorados as fêmeas apresentaram padrão aleatório.

Essas diferenças refletem as distintas estruturas das populações e *status* de conservação dos sítios analisados, observando para araucária normalmente o padrão agregado de distribuição.

Inicialmente, todas as classes de regenerantes foram agrupadas em uma única categoria e comparadas entre os sítios. Apenas os diâmetros apresentaram significância estatística ($U=3704$, $p=0,0001$), sendo que os valores de altura foram estatisticamente equivalentes ($p>0,05$). Os regenerantes no sítio interior apresentaram os maiores diâmetros, sendo que 75% apresentaram valores de até 0,95 cm. Já os regenerantes do sítio borda, 75% possuíam diâmetro com até 0,63 cm.

Ao fazer a distinção entre as classes de regenerantes (Tabela 4), verificou-se que o diâmetro dos regenerantes 1 (R1) apresentou diferença significativa entre sítios ($U=716,500$; $p=0,007$), sendo que 75% dos R1 do interior apresentaram diâmetros de até 0,63 cm, e no sítio borda os representantes de R1 apresentaram menores valores, 75% com até 0,47 cm. Os valores de altura foram considerados equivalentes entre os sítios ($p>0,05$). A classe dos regenerantes 2 (R2) também apresentou padrão semelhante ao apresentado para R1, onde apenas o diâmetro obtendo significância estatística ($U=716,500$; $p=0,001$). Os indivíduos do interior apresentaram os maiores valores de diâmetro, 75% com diâmetros de até 0,95 cm, e entre os de borda, 75% dos indivíduos com até 0,70 cm. Entretanto, esse padrão não foi observado na classe de regenerantes 3 (R3) em que apenas a altura obteve significância estatística entre os sítios ($U=24$; $p=0,04$). Assim, a classe dos R3 do sítio de interior apresentou os menores valores de altura, sendo que 75% possuíam altura de até 123 cm, enquanto os R3 do sítio borda apresentaram as maiores alturas, com 75% dos indivíduos com alturas de até 194 cm.

Tabela 4 Altura (cm) e diâmetro (cm) dos regenerantes por sítio amostral/Parque Nacional do Iguaçu-PR

Classes de regenerantes	Sítio borda			Sítio interior		
	Min	Med	Max	Min	Med	Max
Altura						
R1	10	39	50	13	35	50
R1	50	60	96	50	62	97
R3	100	152	500	100	112	125
Diâmetro						
R1	0,15	0,31	1,01	0,15	0,55	4,77
R2	0,31	0,63	1,11	0,47	0,79	1,27
R3	0,63	1,27	4,14	0,79	1,11	1,27

R1 (Regenerante 1); R2 (Regenerante 2); R3 (Regenerante 3); Min (mínimo); Med (médio); Max (máximo).

Esse resultado difere do encontrado por Inoue e Torres (1980) realizando experimento em casa de vegetação, onde obtiveram resultados de maior investimento em altura em maior sombreamento. Entretanto, Franco e Dillenburg (2007) relatam que esse maior investimento em altura em plantas sombreadas é transitório, podendo ser o caso do presente trabalho.

Dessa forma, acredita-se que em área mais preservada no interior da floresta, os indivíduos regenerantes de araucária estariam investindo mais em crescimento diamétrico do que os indivíduos localizados no sítio de borda. Essa característica poderia estar relacionada com a maior densidade de indivíduos no sítio de borda, que por estarem muito próximos comprometeriam seu crescimento diamétrico. Segundo Zanine e Ganade (2005), a competição por nutrientes no solo entre indivíduos próximos pode mediar o crescimento da araucária, corroborando com o menor crescimento em diâmetro em áreas de maior densidade.

A densidade do dossel entre sítios não apresentou diferenças estatísticas significativas ($t=1,30$; $p>0,05$). Tampouco a relação altura e diâmetro dos regenerantes e densidade do dossel ($r=0,21$; $p>0,05$). Assim, acredita-se na independência dos valores encontrados em diferentes condições de densidade do dossel.

No entanto, a frequência dos regenerantes apresentou diferenças estatísticas significativas ($U=2237,500$; $p=0,02$), sendo que em ambientes com maior densidade de dossel a frequência foi maior. Em parcelas com densidade de dossel variando de 49 a 74%, a ausência de regenerantes foi observada em 75% dessas parcelas. Já em parcelas com densidade de dossel entre 75 a 100%, houve a presença de até três regenerantes em 75% dessas parcelas.

Relacionando a frequência dos regenerantes e a densidade do dossel entre sítios, nenhum indivíduo regenerante foi registrado no sítio de interior quando a densidade variava de 49 a 74%. Assim, todos os indivíduos registrados no interior estavam inseridos em parcelas com maiores valores de densidade de dossel (75 a 100%).

Já os indivíduos regenerantes localizados na borda estavam distribuídos em diferentes densidades de dossel, onde 47 indivíduos (14%) foram registrados em densidades variando de 49 a 74% e 270 indivíduos (86%) foram observados entre 75 a 100% de densidade de dossel.

Dessa forma, a densidade do dossel parece exercer maior influência na frequência dos indivíduos do que em seus padrões de crescimento em altura e diâmetro.

Assim, pode-se verificar que a frequência dos regenerantes foi maior nas maiores densidades de dossel, dando suporte a plasticidade de crescimento da araucária em condições mais sombreadas de sítio (INOUE *et al.*, 1978; DUARTE; DILLENBURG, 2000; FRANCO; DILLENBURG, 2007; DUARTE *et al.*, 2002). Esse resultado reforça a ideia de a araucária ser uma espécie tolerante ao sombreamento, não corroborando com a sua classificação de espécie pioneira, intolerante à sombra.

4.4 CONCLUSÃO

O Parque Nacional do Iguaçu representa um importante remanescente na preservação de populações naturais de araucária em virtude da elevada densidade de indivíduos amostrados em diferentes classes de tamanho. Apesar da significativa diferença de densidade entre sítios, as populações analisadas apresentaram padrão estrutural semelhante, tendendo ao J-invertido. Acredita-se que a menor densidade de indivíduos no sítio interior seja uma característica da espécie, onde em áreas mais preservadas, em avançado estágio sucessional, a grande competição inter e intraespecífica e pressão de predação seja a principal causa desse resultado.

A intensidade luminosa verificada por meio da densidade do dossel não representou fator restritivo para a regeneração da espécie, sendo observada maior densidade de regenerantes nas maiores densidades de dossel. Desta forma, comprova-se a regeneração da espécie em sítio sombreados, não corroborando com a sua classificação como espécie pioneira.

A distribuição dos indivíduos regenerantes apresentou-se principalmente agregada e dos adultos uniforme. Devido à menor competição em resposta às menores densidades, os indivíduos regenerantes do sítio de interior possuíram os maiores valores de diâmetro. Com isso, ressalta-se a importância da estrutura de populações florestais de araucária como indicativo do estado de preservação da fitocenose avaliada, sendo áreas mais preservadas característica de população com menores densidades e áreas mais perturbadas em estágios iniciais à intermediários de sucessão, apresentando maiores densidade de indivíduos dessa espécie.

4.5 AGRADECIMENTOS

Ao programa de Apoio ao Plano de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais (REUNI) pela bolsa cedida ao primeiro autor. A todos que colaboraram nas saídas de campo, em especial a Universidade Estadual do Oeste do Paraná pelo auxílio na logística e a Assis Roberto Escher pela valiosa colaboração em campo.

4.6 REFERÊNCIAS

- ANJOS, A.; MAZZA, M. C. M.; SANTOS, A. C. M., C. S.; DELFINI, L. T. Análise do padrão de distribuição espacial da araucária (*Araucariaangustifolia*) em algumas áreas no Estado do Paraná, utilizando a função K de Ripley. **ScientiaForestalis**, Piracicaba, v. 66, n. 50, p.38-45, 2004.
- BACKES, A. Determinação da idade e regeneração natural de uma população de *Araucariaangustifolia* (Bertol.) Kuntz em um povoamento florestal localizado no município de Caxias do Sul, RS, Brasil. **Série Botânica Iheringia**, Porto Alegre, v. 56, n. 2, p. 115-130, 2001.
- CARLUCCI, M. B.; PRIETO, P. V.; HERING, R. L. O.JUDICE, D. M.; MONTEIRO, N. P. Araucariaceae. In: MARTINELLI, G.; MORAES, M. A. **Livro vermelho da flora do Brasil**. Rio de Janeiro, 2013. p. 185 - 186. Disponível em: <<http://cncflora.jbrj.gov.br/LivroVermelho.pdf>>. Acesso em: 15/12/2013.
- CONNEL, J.H. On the role of natural enemies in preventing competitive exclusion in some marine animals and in rain Forest trees. In: Den Böer, P. J.; GRADWELL, G. R. **Dynamics of Populations**.Wagenigen, 1971.
- COTTAM, G.; CURTIS, J. T.; HALE, B. W.Some sampling characteristics of a population of randomly dispersed individuals.**Ecology**, New York, v. 34, n. 4, p. 741- 757, 1953.
- CRAWLEY, M. J. **Plant ecology**.Blackwell Scientific Publications, Oxford, 2005.2ªed. 717 p.
- DUARTE, L. S.; DILLENBURG, L. R. Ecophysiological responses of *Araucaria angustifolia*(Araucariaceae) seedlings to different irradiance levels.**Australian Journal of Botany**,Collingwood,v. 48, n. 4, p.531-537, 2000.
- DUARTE, L. S.; DILLENBURG, L. R.; ROSA, L. M. G. Assessing the role of light availability in the regeneration of *Araucaria angustifolia* (Araucariaceae).**Australian Journal of Botany**, Collingwood , v. 50, n. 6, p. 741-751, 2002.
- EINIG, W.; MERTZ, A.; HAMPP, R. Growth rate, photosynthetic activity, and leaf development of Brazil pine seedlings (*Araucaria angustifolia*[Bert.] O. Ktze.). **Plant Ecology**, Oxford, v. 143, n. 1, p. 23-28,1999.
- EMER, C.; FONSECA, C. R. Araucaria Forest conservation: mechanisms providing resistance to invasion by exotic timber trees. **Biol Invasions**, Knoxville, v.13, p. 189-202, 2011.
- FARJON, A.*Araucariaangustifolia*. In: IUCN 2007. 2007 **IUCN Red List of Threatened Species** .Disponível em: <<http://www.iucnredlist.org>>. Acessado em: 05/10/2012.
- FRANCO, A. M. S.; DILLENBURG, L. R. Ajustes morfológicos e fisiológicos em plantas jovens de *Araucariaangustifolia* (Bertol.)Kuntze em resposta ao sombreamento. **Hoehnea**, Porto Alegre, v. 34, n. 2, p. 135-144, 2007.
- FONTOURA, S. M.; GANADE, G.; LAROCCA, J. Changes in plant community diversity and composition across an edge between Araucaria forest and pasture in South Brazil.**Revista Brasil. Bot.** v. 29, n. 1, p. 79-91, 2006.
- FELFILI, J. M.; SILVA JUNIOR, M. C. Distribuição dos diâmetros numa faixa de cerrado na Fazenda Água Limpa (FAL) em Brasília-DF. **Acta Botânica Brasílica**, São Paulo, v. 104, n. 2, p. 85-104, 1988.
- GUGLIELME, I.; GRANADE, G. Predação de sementes afetando a distribuição de indivíduos de *Araucaria angustifolia* ao longo de uma borda de floresta com campo. **Neotropical Biology and Conservation**, v. 1, n. 2, n. 1, p. 62-71, 2006.
- IAPAR-Instituto ambiental do Paraná. Cartas climáticas do Paraná. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=597>>. Acesso em: 20/12/13.
- IBAMA. **Plano de manejo do Parque Nacional do Iguaçu**. Foz do Iguaçu, PR, 1999.
- INOUE, M. T.; GALVAO, F.; TORRES, D. V. Estudo ecofisiológico sobre *Araucariaangustifolia*(Bert.) O. Ktze.: Fotossíntese em dependência à luz no estágio juvenil. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 10, n. 1, p.5-9, 1979.

- INOUE, M. T.; TORRES, D. V. Comportamento do crescimento de mudas de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze. em dependência da intensidade luminosa. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 11, n. 1, p. 7-10, 1980.
- IOB, G; VIEIRA, E. M. Seed predation of *Araucaria angustifolia* (Araucariaceae) in the Brazilian Araucaria Forest: influence of deposition site and comparative role of small and 'large' mammals. **Plant Ecology**, Oxford, v. 198, n. 2, p. 185-196, 2008.
- JANZEN, D.H. **Herbivores and the number of tree species in tropical forests**. American Naturalist, 1970. 104: 501-528 p.
- KELLEY, C. E.; KRUEGER, W. Canopy cover and shade determinations in riparian zones. **Journal of the American water resource association**, Middleburg, v. 41, n. 1, p. 37-46, 2005.
- KOLEHMAINEN, J.; MUTIKAINEN. Population stage structure, survival and recruitment in the endangered East African forest herb Saintpaulia. **Plant Ecology**, Oxford, v. 192, n. 1, p. 85-95, 2007.
- KREBS, C. J. **Ecological methodology**. New York, Harper and Hall, 1989. 654 p.
- LEMMON, P.E. A spherical densiometer for estimating forest overstory density. **Forestry Sciences**, Bethesda, v. 2, p. 314-320, 1956.
- LINGNER, D. V.; OLIVEIRA, Y. M. M.; ROSOT, N. C.; DLUGOSZ, F. F. Caracterização da estrutura e da dinâmica de um remanescente de floresta com araucária no planalto catarinense. **Pesq. Flor. Bras**, Colombo, n. 55, p. 55-66, 2007.
- MANTOVANI, A.; MORELLATO, L. P. C.; REIS, M. S. Fenologia reprodutiva e produção de sementes em *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 27, n. 4, p. 787-796, 2004.
- MATTOS, P. P.; SANTOS, A. T.; OLIVEIRA, Y. M. M.; ROSOT, M. A. D. **Dendrocronologia de espécies da floresta ombrófila mista do município de Candió, Pr.** Colombo: Embrapa Florestas, 2007.
- MEYER, H. A. Structure, growth, and drain in balanced uneven-aged forests. **Journal of Forestry**, Washington, v. 50, n. 2, p. 85-95, 1952.
- NANANI, S.; KAWAGUCHI, H.; YAMAKURA, T. Dioecy-induced spatial patterns of two codominant tree species, *Podocarpus nagi* and *Neolitsea aciculata*. **Journal of Ecology**. v. 87, p. 678-687, 1999.
- NAVARES, I. S.; BRENA, D. A.; LONGHI, S. J. Estrutura da regeneração natural em floresta ombrófila mista na Floresta Nacional de São Francisco de Paula RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 4, p. 331-342, 2005.
- NASCIMENTO, A. R. T.; LONGHI, S. J.; BRENA, D. A. Estrutura e padrão de distribuição espacial de espécies arbóreas em uma amostra de floresta ombrófila mista em Nova Prata, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 105-119, 2001.
- OLIVEIRA J. M.; SANTAROSA E.; PILLAR V. D.; ROIG F. A. Seasonal cambium activity in the subtropical rain forest tree *Araucaria angustifolia*. **Trees**, Berlin, v. 23, p. 107-115, 2009.
- PALETTO, A. e TOSI, V. Forest canopy cover and canopy closure: comparison of assessment techniques. **European Journal of Forest Research**, v. 128, n. 3, p. 265-272, 2009.
- PALUDO, G. F.; MANTOVANI, A.; KLAUBERG, C.; REIS, M. S. Estrutura demográfica e padrão espacial de uma população natural de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (Araucariaceae), na reserva genética florestal de Caçador, estado de Santa Catarina. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 6, p. 1109-1121, 2009.
- PINHEIRO, M. H. O; MONTEIRO, R. Análise estrutural e considerações sobre a dinâmica sucessional de dois fragmentos florestais semidecíduais do Jardim Botânico Municipal de Bauru, SP, Brasil. **Acta Botbras**, São Paulo, v. 23, n. 4, p. 968-975, 2009.

PIELOU, E.C. A single mechanism to account for regular, random and aggregated populations. **Journal of Ecology**. v.48, n. 3, p. 575-584, 1960.

PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. **Biologia da conservação**. Londrina: E. Rodrigues, 2001. 328 p.

PUCHALSKI, A.; MANTOVANI, M. Variação em populações naturais de *Araucariaangustifolia* (Bert.) O. Kuntze associada a condições edafo-climáticas. **ScientiaForestalis**, Piracicaba, n. 70, p. 137-148, 2006.

REITZ, R.; KLEIN, R. Araucariáceas. In: REITZ, R. (Ed.). **Flora Ilustrada Catarinense**. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1966. 65 p.

RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P.; MARTENSEN, A. C.; PONZONI, F. J.; HIROTA, M. M. The brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining Forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**. New York, v. 142, n. 6, p. 1141-1153, 2009.

RIOS, C. M. **Capacidade regenerativa da floresta missioneira argentina frente a distúrbios antrópicos**. 172 f. Tese (Doutor em engenharia florestal-Conservação da natureza) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

RYLANDS, A. B; BRANDON, K. Unidades de conservação brasileiras. **Megadiversidade**, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p.27-35, 2005.

SALAMUNI, R.; ROCHA, L. A.; ROCHA, A.L.; SALAMUNI, E.; 1999. O Parque Nacional do Iguaçu. In: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D.A.; QUEIROZ, E.T.; WINGE, M.; BERBERT, B. M. (Edit.) **Sítio Geológicos e Paleontológicos do Brasil**. Disponível em: <www.unb.br/ig/sigep/sitio011.htm/>. Acesso em 03/10/2011.

SANQUETA, C. R.; THIELE, P.; CORTE, A. P. D. Crescimento, mortalidade e recrutamento de duas florestas de araucária no estado do Paraná, Brasil, no período de 1995-2007. **Naturalia**, Rio Claro, v. 33, p. 117-126, 2010.

SCHEEREN, L. W.; FINGER, C. A. G.; SCHUMACHER, M. V.; LONGHI, S. J. Crescimento em altura de *Araucariaangustifolia* (Bert.) O. Ktze. em três sítios naturais, na região de Canela – RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 9, n. 2, p. 23-40, 1999.

SHIMIZU, J. Y.; JAEGER, P.; SOPCHAK, S. A. Variabilidade genética em uma população remanescente de araucária no Parque Nacional do Iguaçu, Brasil. **Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 41, p. 18-36, 2000.

SOUZA, A. F. Ecological interpretation of multiple population size structures in trees: The case of *Araucaria angustifolia* in South America. **Austral Ecology**, v. 32, p. 524-533, 2007

SOUZA, A. F.; FORGIARINIB, C.; LONGHI, S. J.; BRENAC, D. A. Regeneration patterns of a long-lived dominant conifer and the effects of logging in southern South America. **ActaOecologica**, Montrouge, v. 34, n. 1, p. 221-232, 2008.

STRICKLER, G.S. Use of the Densiometer to Estimate Density of Forest Canopy on Permanent Sample Plots. **USDA Forest Service**, Washington, v. 180, p. 5, 1959.

VALENTE, T. P.; NEGRELLE, R. B.; SANQUETA, C. R. Regeneração de *Araucariaangustifolia* em três fitofisionomias de um fragmento de floresta ombrófila mista. **Iheringia**. Porto Alegre, v. 65, n. 1, p. 17-24, 2010.

WATZLAWICK, L. F; GARDIN, E.; LONGHI, S. J.; ANDRADE, E. C. L. Estimate of the diameter distribution in mixed ombrophylous forest fragment with the Meyer's function. **Applied Research e Agrotecnology**, Guarapuava, v.6, n.1, p. 29-36, 2013.

ZANDAVALLI, R. B. **Importância da competição durante o estabelecimento e crescimento inicial da *Araucariaangustifolia***. 167 f. Tese (Doutor em Botânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

ZANINE, L.; GANADE, G. Restoration of Araucaria forest: the role of perches, pioneer vegetation, and soil fertility. **Restoration Ecology**, v. 13, n. 3, p. 507-514, 2005.

CAPÍTULO 2

DENDROECOLOGIA DE *Araucaria angustifolia* EM DIERENTES CONDIÇÕES DE CRESCIMENTO NO PARQUE NACIONAL DO IGUAÇU/PR: INTERIOR E BORDA DE FLORESTA NATURAL

Dendroecologia de *Araucaria angustifolia* em diferentes condições de crescimento no Parque Nacional do Iguaçu/PR: Interior e borda de floresta natural

Resumo

O atual estado de redução da área anteriormente ocupada pela Floresta Ombrófila Mista no estado do Paraná, restando apenas 0,14% em avançado estágio sucessional, justificam a necessidade premente da condução de estudos ecológicos nessa unidade fitogeográfica bem como das espécies que a compõe. O histórico de exploração desta unidade está intimamente relacionado à sua espécie mais característica *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, estando suas populações fortemente ameaçadas e em risco de extinção. Esta espécie exerce um papel-chave na estrutura e no funcionamento desse ecossistema, favorecendo a resiliência deste tipo de formação florestal. O Parque Nacional do Iguaçu (ParNa Iguaçu) pode ser considerado um dos principais remanescentes florestais - domínio da Floresta Atlântica de Interior, resguardando representativas populações naturais de *A.angustifolia*. Em decorrência desta fragmentação, as populações naturais dessa espécie estão cada vez mais isoladas em fragmentos de diferentes tamanhos e estágios sucessionais. Neste contexto, o presente trabalho tem por objetivo investigar duas populações naturais de araucária desenvolvendo-se em diferentes condições de crescimento (e.g. interior e borda de floresta natural) no sentido de avaliar sua estrutura etária, o incremento radial e desenvolver cronologias para a espécie nesta área de estudo, relacionando-as com dados meteorológicos (e.g. temperatura e precipitação) da região. Foram selecionados 53 indivíduos de araucária em ambos os sítios amostrais. Através de análises dendrocronológicas constatou-se que os indivíduos mais longevos e as maiores taxas de incremento radial corrente e acumulado foram observados no interior da floresta. Não foram observadas diferenças significativas nas taxas de incremento radial entre os indivíduos machos e fêmeas, à exceção na variação interdecadal, onde os machos sobressaíram-se em relação às fêmeas. Séries cronológicas foram desenvolvidas para a espécie, nesta área de estudo, abrangendo o período de 1914 a 2010. A temperatura mostrou-se como sendo o principal fator climático influenciando no crescimento desta espécie. As diferenças no crescimento entre sítios através das cronologias criadas indicam que fatores locais inerentes a cada sítio amostral exercem forte influência no crescimento da espécie. Esse conhecimento acerca da autoecologia da espécie é de suma importância com vistas à adequação de práticas conservacionistas e do *status* de conservação de suas populações no ParNa Iguaçu.

Palavras-chave: Anéis de crescimento, Araucária, Parque Nacional do Iguaçu

Abstract

The current state of reduction of the area formerly occupied by the Mixed Ombrophilous Forest in Paraná state, with only 0.14% late successional stage, justifies the urgent need for conducting ecological studies that phytogeographic unit as well as the species that compose it. The historical exploration of this unit is closely related to its most characteristic species *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, with its heavily threatened and endangered populations. This species plays a key role in the structure and functioning of this ecosystem, favoring the resilience of this type of forest formation. The Iguaçu National Park (ParNa Iguaçu) can be considered a major forest remnant of Interior Atlantic Forest, protecting representative populations of *A. angustifolia*. Due to this fragmentation, natural populations of this species are increasingly isolated in fragments of different sizes and successional stages. In this context, this paper aims to investigate two natural populations of araucaria developing in different growth conditions (e.g. interior and edge of natural forest) in order to assess its age structure, the radial increment and develop timelines for the species in this study area, relating them to meteorological data (e.g. temperature and precipitation) in the region. 53 individuals were selected *Araucaria* in both sampling sites. Through dendrocronológicas analyzes it was found that the oldest-old individuals and the highest rates of current and cumulative radial increment were observed within the forest. No significant differences were observed in the rates of radial increment between male and female, except in the interdecadal variation, where the highlights were males compared to females. Chronological series was developed for the species, this area of study, covering the period 1914-2010. The temperature was shown to be the major climatic factor influencing the growth of this species. The differences in growth between sites created through chronologies indicate that local factors inherent in each sampling site exert a strong influence on the growth of the species. This knowledge about autoecology species is of paramount importance to the suitability of conservation practices and conservation status of their populations in ParNa Iguaçu.

Keywords: Growth rings, *Araucaria*, Iguacu National Park

5.1 Introdução

O estudo dos anéis de crescimento das árvores e suas relações com o clima não é algo contemporâneo. Leonardo da Vinci já os reconhecia no século XVI. Entretanto, apenas no século XX a dendrocronologia foi consolidada como ciência moderna pelo norte americano Andrew E. Douglas ao observar as relações entre os ciclos de atividades solares e o clima terrestre com o crescimento do tronco das árvores (STRAKA, 2008; MEDEIROS, 2005).

Na América do Sul, estudos dendrocronológicos pioneiros foram realizados por Edmund Schulman entre 1940-1950, visitando a Argentina e o Chile (BONINSEGNA *et al.*, 2009), embora estudos abrangendo a América do Sul tropical sejam ainda mais recentes, como os trabalhos percussores de Worbes (1985, 1989) e Vetter e Botosso (1989), revelando a necessidade de maiores estudos em nossas florestas tropicais e subtropicais.

A dendroecologia como um dos sub-ramos da dendrocronologia é uma ciência (ou ferramenta) que permite fornecer dados confiáveis das relações ambientais e ecológicas pretéritas e presentes, os quais estão registrados nas séries temporais dos anéis de crescimento das árvores. Os anéis de crescimento são estruturas anatômicas do xilema secundário que, observados em corte transversal, delimitam círculos mais ou menos concêntricos e contínuos, ao redor da medula (OLIVEIRA, 2007). Devido à atividade periódica do câmbio vascular, os anéis resultam em arranjos sucessivos em camadas de tecidos lenhosos no fuste, acrescentando periodicamente camadas justapostas, estruturadoras do lenho, formando os anéis de crescimento (ENCINAS *et al.*, 2005).

A formação do câmbio vascular é induzida por períodos favoráveis e desfavoráveis de crescimento, como baixas temperaturas em regiões temperadas e estações secas e inundações nos trópicos, induzindo a dormência cambial nas zonas de crescimento (WORBES, 1995). Em períodos desfavoráveis, a dormência cambial é observada no lenho tardio, apresentando maior densidade que o lenho inicial (WEHR; TAMAZELLO FILHO, 2000). Após esse período o câmbio vascular reassume suas atividades fisiológicas com todo vigor correspondendo ao lenho inicial (BOTOSSO; MATTOS, 2002). Dessa forma, o anel de crescimento da araucária é o conjunto do lenho inicial e tardio, correspondendo a períodos

intermitentes de aumento e diminuição das atividades metabólicas do câmbio vascular em respostas às variações ambientais.

Worbes (1995) estudando árvores tropicais na Amazônia considera que uma estação seca anual com duração de 2 a 3 meses, e precipitação mensal abaixo de 60 mm, podem levar a formação de anéis anuais de crescimento nesta região. Diversos trabalhos desenvolvidos em florestas tropicais e subtropicais comprovam a existência de periodicidade anual de formação dos anéis de crescimento, ressaltando a possibilidade destes estudos em regiões de sazonalidade climática pouco conspícua (WEHR; TOMAZZELO, 2000); (LISI; PESSEDA, 2001); (CALLADO *et al.*, 2001); (RIGOZO *et al.*, 2004); (LISI *et al.*, 2008); (OLIVEIRA *et al.*, 2008); (BRANDES *et al.*, 2011).

Segundo Oliveira (2007), no Brasil, 58 espécies no Bioma Amazônia, 32 espécies no Bioma Mata Atlântica e 35 espécies no Bioma Pantanal possuem anéis de crescimento anuais comprovados, demonstrando que a ausência de anéis de crescimento anuais nos trópicos em resposta à falta de sazonalidade conspícua (ROZENDAA; ZUIDEMA, 2011) não é coerente. Entretanto, segundo Stahle (1999), apesar do progresso observado nos últimos 30 anos, muitas espécies arbóreas tropicais não apresentam anéis de crescimento anuais anatomicamente distintos.

Atualmente, trabalhos envolvendo a mais importante essência florestal nativa da economia madeireira do Sul do Brasil (SCHEEREN, 1999), *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze considerada espécie-chave na manutenção de seu ecossistema associado (OLIVEIRA *et al.*, 2009; BITTENCOURT; SEBBENN, 2009), e possuindo o status de criticamente em perigo pela Red List of Threatened Species – IUCN (FARJON, 2012) e “em perigo” no Livro Vermelho da Flora do Brasil (CARLUCCI *et al.*, 2013) facultam a necessidade de maiores conhecimentos autoecológicos, silviculturais e no fornecimento de valiosos dados dendrocronológicos e dendroecológicos.

A formação anual dos anéis da araucária é comprovada por diversos trabalhos (OLIVEIRA *et al.*, 2009; STEPKA *et al.*, 2012; CATTANEO *et al.* 2013), como o pioneiro de Seitz e Kanninen (1989) indicando sincronia no crescimento anual entre indivíduos de araucária em uma floresta subtropical no Sul do Brasil.

Lisi *et al.* (2001), utilizando datação por Carbono-14 (^{14}C) nos anéis de crescimento, comprovaram o aumento nas concentrações devido aos testes nucleares durante 1960.

Rigozo *et al.* (2004) descreveram que os anéis de crescimento possuem correlação positiva e maior nos anos de maiores atividades solares, já em anos de atividade solar baixa, a correlação é menor, alternando-se entre positivo e negativo.

Oliveira *et al.* (2009), examinando o tempo de formação do anel através de evidências anatômicas e dendroecológicas, investigaram as relações entre as variações ambientais regionais e formação intra-anual dos anéis. Para esses autores, o comprimento do dia e a temperatura são os fatores mais importantes e relacionados com a atividade cambial e período de formação dos anéis de crescimento na espécie.

Silva *et al.* (2009), relacionando as mudanças climáticas e concentrações de CO_2 atmosférico com os anéis de crescimento, dendroclimatologia em diferentes ecossistemas, florestas e pastagens, evidenciaram que os períodos de baixa precipitação e de altas temperaturas podem afetar o crescimento da araucária.

Oliveira *et al.* (2010), realizando trabalho em campo e floresta, demonstraram que o crescimento intra-anual da araucária estaria mais influenciado por fatores regionais do que em escalas locais, colocando a temperatura como maior fator regional determinante da variação inter-anual da atividade do câmbio.

Santarosa *et al.* (2007) analisando o crescimento da araucária no interior florestal e na borda de floresta campo relatam que a maior incidência luminosa e maior temperatura na borda poderia estar adiantando a formação do lenho inicial, influenciado por variações microclimáticas e ontogenéticas.

A supressão de nossos ambientes florestais é notória. Atualmente, a maioria dos remanescentes florestais brasileiros encontra-se distribuídos na forma de pequenos fragmentos não contínuos e menores que 100 ha (MMA, 2010). Esta fragmentação aumenta radicalmente a quantidade de borda nos ambientes florestais (RODRIGUES; NASCIMENTO 2006).

Sendo a expansão de fronteiras agrícolas uma das principais responsáveis (HOLANDA *et al.*, 2010), afetando a incidência luminosa, temperatura, umidade e vento, sendo essas alterações mais notadas frequentemente nos primeiros 35 metros (PRIMACK; RODRIGUES 2001).

Dessa forma, a crescente expansão agrícola e fragmentação de nossos ambientes florestais poderão conceder diferentes condições microclimáticas e ecológicas para as espécies vegetais sob os efeitos de borda.

Compreender as respostas dendroecológicas dos anéis de crescimento da *Araucaria angustifolia* em diferentes condições de crescimento, torna-se essencial para o conhecimento e planejamento cientificamente embasado de como a espécie poderá reagir com a gradual diminuição de seus ecossistemas associados e/ou o aumento significativo de suas bordas florestais.

Pressupondo que a espécie apresente comportamentos distintos em diferentes condições de crescimento, o presente trabalho objetiva avaliar duas populações de *A. angustifolia* ocorrendo naturalmente no interior e borda de floresta natural no ParNa Iguaçu/PR, quanto aos aspectos: (i) estruturas etárias, (ii) incremento radial, (iii) séries cronológicas e relação com dados meteorológicos (e.g. temperatura e precipitação).

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

5.2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado no Parque Nacional do Iguaçu (ParNa Iguaçu), unidade de conservação federal de proteção integral criado a partir do decreto n° 1.035 de janeiro de 1939, em resposta a sensibilização mundial por áreas naturais institucionalmente protegidas (RYLANDAS; BRANDON, 2005), mas apenas em 1944 a região que abrange as araucárias foi incluída na unidade de conservação (DIAS, 2009). Abrangendo 185.262,50 ha (IBAMA, 1999), o ParNa Iguaçu representa um dos únicos remanescentes de Floresta Atlântica de interior, maiores que 50.000 ha e com distâncias de até 12 km da borda florestal (RIBEIRO *et al.*, 2009).

A área de estudo compreende duas fitocenoses de Floresta Ombrófila Mista (FOM), formação típica e exclusiva dos planaltos da região Sul do Brasil, contemplando representantes das floras tropicais e temperadas com dominância da *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntz (RODERJAN *et al.*, 2002).

A Floresta Ombrófila Mista, formação alvo do presente trabalho ocorre na porção norte do parque, em transição com a Floresta Estacional Semidecidual, estendendo-se ao longo de vales dos rios, em sentido norte/sul, apresentando relevo com altitudes máximas pouco superiores a 600 m (IBAMA, 1999).

Segundo o sistema de Köppen, o clima da região é do tipo Cfa, clima subtropical com temperaturas mínimas inferiores a 18°C e máximas superiores a 22°C, com predomínio de chuvas nos meses de verão, embora sem estação seca definida (IAPAR, 2013).

A precipitação média anual para a região é de aproximadamente 1637 mm, sendo em 1978 os menores valores (1003 mm) e 2009 os maiores (1999 mm), com temperaturas médias máxima de 29°C e mínima de 17 °C.

A representação climática da área de estudo é apresentada na figura 3, através de um climatograma desenvolvido com base nos dados históricos de temperatura e de precipitação pluviométrica, respectivamente das cidades de Cascavel e Céu Azul, distantes aproximadamente 20 km dos sítios amostrais.

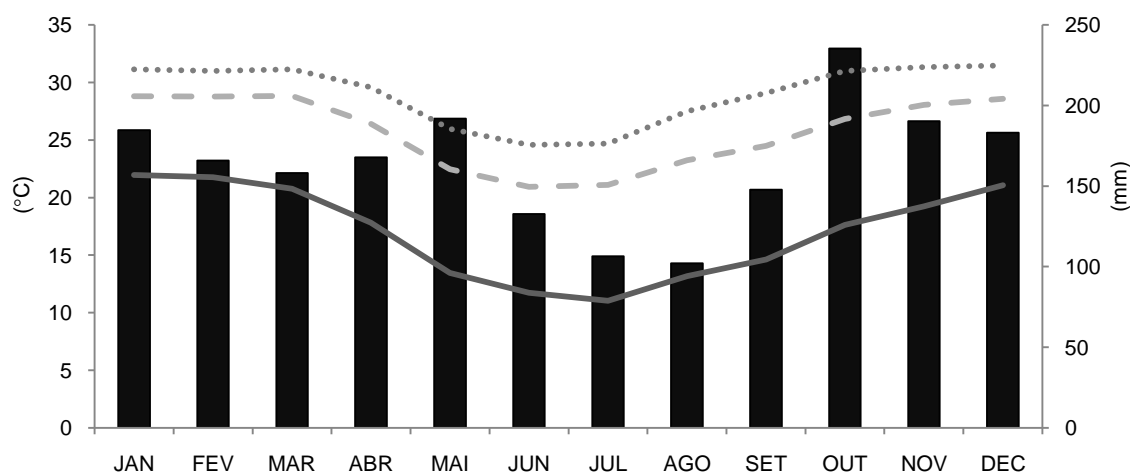


Figura 3 Climatograma mensal de precipitação (barras) (Céu Azul/PR) e temperatura mínima, média e máxima (linha) (Cascavel/PR) para o período de 1973 a 2010.
Fonte: SIMEPAR e INMET, modificado pelo autor (2014).

O ParNa Iguaçu está localizado no terceiro planalto paranaense e sua constituição geológica caracteriza-se pela grande uniformidade e pela presença de extensos derrames de rochas efusivas basálticas, lavas de origem vulcânica de ocorrência no período Triássico (SALUMANI, 1969). Segundo Bóçon (2002), a formação geológica é resultado do cataclismo vulcânico ocorrido sobre o arenito sedimentar, sendo as rochas eruptivas basálticas responsáveis pela formação de

solos argilosos e com elevados teores de minerais pesados, como ferro, titânio e manganês.

Basicamente quatro grandes grupos de solos são reconhecidos no ParNa Iguaçu: Latossolo, Nitossolo, Gleissolo e Neossolo Litólico, sendo os sítios amostrais representados pelos Latossolos e Nitossolos (IBAMA, 1999).

5.2.2 Sítios amostrais

As duas áreas de estudo (Figura 4) estão situadas politicamente nos municípios de Santa Tereza do Oeste/PR (sítio borda) e Céu Azul/PR (sítio interior), abrangendo a porção nordeste e noroeste do Parque Nacional do Iguaçu.

Em cada sítio selecionado foram plotadas quatro parcelas amostrais (0,25 ha). As parcelas localizadas no sítio borda (Figura 4) situam-se a 50 metros da borda florestal (25°07'69.0"S e 53°39'52.6"O), tendo essa, como área contígua a presença de uma monocultura agrícola, em altitudes variando de 580 a 600 metros inserida na microbacia do rio Gonçalves Dias. As parcelas localizadas no sítio interior (Figura 4) estão inseridas a 4000 metros da borda florestal (25°08'08.5"S e 53°46'76.8" O), em altitudes variando de 580 a 600 metros, na microbacia do rio Floriano.

Cada parcela de 50 x 50m (0,25 ha) foi plotada aleatoriamente, com distância mínima de 50 m entre si. As parcelas de 0,25 ha foram divididas em 25 sub-parcelas de 10x10 m (100m²). Assim, os indivíduos foram amostrados em 200 parcelas de 10 x 10m, abrangendo 2 ha de área amostral total, sendo 1 ha em cada sítio amostral (borda e interior).

Para a observação dos androstróbilos e ginostrobilos foi utilizado binóculos, conforme sugerido por Mantovani *et al.* (2004).

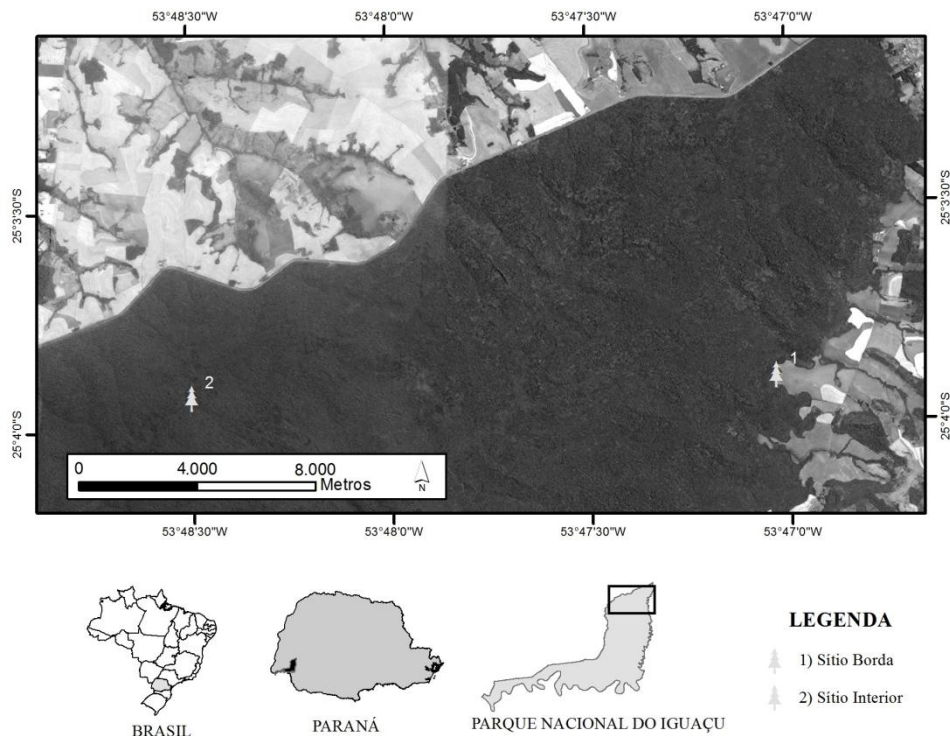


Figura 4 Localização dos sítios amostrais (borda: 1 - interior: 2) no Paraná, Parque Nacional do Iguaçu/PR.

5.2.3 Coleta das amostras e medição dos anéis de crescimento

Para as análises dendroecológicas foram amostrados, no mínimo 20 indivíduos em cada sítio em maio de 2013, abrangendo diferentes classes diamétricas afim de melhor representar a estrutura da população.

Em todos os indivíduos foram retiradas à altura do peito (DAP ~ 1,30 m acima do nível do solo), de três a quatro amostras não destrutivas do lenho diametralmente opostas com auxílio de um trado de incremento ($\varnothing = 5.1$ mm) possibilitando às plantas a manutenção de boa condição sanitária para a cicatrização dos tecidos lesionados e a ininterrupta da vida das mesmas (ANHOLETTO JUNIOR, 2013). As amostras de madeira coletadas foram acondicionadas em recipientes apropriados para posterior preparo em laboratório.

Após secagem a temperatura ambiente, cada amostrada foi submetida ao polimento progressivo com lixas de diferentes granulometrias (de 80 a 600 grãos/cm²) visando o melhor reconhecimento e demarcação dos limites dos anéis de crescimento (STOKES; SMILEY, 1968).

Os anéis de crescimento da araucária (Apêndice 4-J) são delimitados por fina camada de lenho tardio, com traqueídes axiais achatados radialmente e de paredes celulares mais espessas (ROIG, 2000; WEHR; TOMAZZELLO, 2000).

Posteriormente ao polimento, todas as séries temporais radiais foram analisadas com auxílio de um estereomicroscópio e datadas de acordo com os métodos descritos por Stokes e Smiley (1968). Após ademarcação dos limites dos anéis de crescimento, cada amostra foi digitalizada a uma resolução de 1200dpi com auxílio de um *scanner* da marca HP G4050.

A mensuração da largura dos anéis de crescimento foi realizada com precisão de 0,001 mm através do *software* de análise de imagens Image Pro Plus, versão 4.5.0.29, previamente calibrado através de escala digitalizada. As árvores analisadas foram ajustadas no tempo (calendário gregoriano), considerando-se o período vegetativo que se inicia em agosto/setembro de um ano e encerra em junho/julho do ano seguinte (SCHULMAN, 1956).

Tendo em vista a coleta das amostras de madeira em maio de 2013, o período vegetativo referente ao ano de 2012 foi descartado por estar incompleto seguindo as recomendações de Schulman (1956). Da mesma forma, pelo fato de muitas amostras apresentarem o anel de 2011 com limites inconspícuos que dificultavam a sua demarcação, optou-se pela sua exclusão, iniciando-se as medições a partir do ano 2010.

5.2.4 Análises dendrocronológicas e desenvolvimento de cronologias

Utilizou-se o programa COFECHA (HOLMES, 1983) para a avaliação, o controle das medições e a sincronização das séries temporais. O referido programa relaciona as séries cronológicas a partir da sobreposição de segmentos pré-definidos, estabelecendo uma média "*master*" de todas as amostras analisadas (GRISSINO-MAYER, 2001). Devido à extensão das séries temporais, foram empregados segmentos ("janelas") de 20 anos com sobreposição de 10 em 10 anos, tendo como limiar de correlação $r=0,515$ ($p<0,05$).

A partir da análise de correlação entre segmentos das séries cronológicas é possível verificar a presença de falsos anéis e/ou anéis ausentes, permitindo o controle de cada amostra analisada, inicialmente com a datação cruzada das séries de um mesmo indivíduo, e, em seguida, entre indivíduos (FRITTS, 1976; GRISSINO-

MAYER, 2001). Tendências de crescimento relacionadas à idade e outras variações não relacionadas ao clima devem ser removidas na construção de cronologias (COOK, 1985).

Posteriormente, visando a construção de uma cronologia das populações em cada sítio amostral, foi empregado o programa ARSTAN (HOLMES, 2001). Este programa permite determinar qual a melhor função para cada série de medida dos anéis de crescimento, como regressão linear, funções exponenciais negativas, dentre outras, buscando remover tendências biológicas de crescimento, não dependente de sinais climáticos, transformando os incrementos correntes em índices (FRITTS, 1976). A função empregada na padronização de todas as séries temporais analisadas no presente trabalho foi uma "*spline*" cúbico, com porcentagem de longitude da série de 67%.

A qualidade das cronologias foi avaliada por meio da correlação média (r), entre as séries temporais (COOK; KAIRIUKSTIS, 1990) e a média do índice de sensibilidade (MS), que indica a reação de uma árvore aos fatores ambientais.

As cronologias obtidas através do programa ARSTAN para os dois sítios amostrais foram correlacionadas (correlação de Pearson) com séries históricas de precipitação e temperaturas (mínima, média e máxima). As séries históricas de temperatura (de 1973 a 2010) da cidade de Cascavel - distante 30 km dos sítios amostrais, foram obtidas através do Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR). As séries históricas de precipitação (de 1966 a 2010) da cidade de Céu azul (sítio interior) - distante 20 km do sítio borda, foram obtidas através do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Dessa forma, as temperaturas mínimas, médias e máximas e precipitação acumulada para cada ano de crescimento, foram correlacionadas a fim de avaliar sua provável relação e/ou influência sobre o crescimento da espécie em ambas as condições de sítio.

Devido à influência das condições climáticas pretéritas no crescimento dos anéis, períodos de precipitação e temperatura prévios também foram testados (LONGHI-SANTOS, 2013). Essas correlações foram estabelecidas no programa Microsoft Office Excel 2007.

5.2.5 Análises estatísticas

Todos os dados foram inicialmente analisados quanto a sua homogeneidade e normalidade através do teste de Levene e Lilliefors (JACQUES-CALLEGARI, 2003). O teste paramétrico “t” de Student foi utilizado na comparação de amostras independentes, caso os dados assumissem as premissas de normalidade e homogeneidade. Por outro lado, utilizou-se o teste não paramétrico U de Mann-Whitney (teste substituído do teste t), quando as premissas de normalidade não fossem assumidas (JACQUES-CALLEGARI, 2003).

A relação de causa e efeito entre DAP e idade foi analisada através de regressão linear simples.

Análises de agrupamentos (*Cluster Analysis*) através do método de grupos pareados e distância euclidiana foram utilizadas para verificar a formação de grupos diamétricos e etários entre indivíduos de ambos os sítios. A definição do agrupamento utilizado foi determinada através do coeficiente de correlação cofenético (ccc), sendo valores de ccc maiores que 0,7 indicam adequação do método (ROHLF, 1970).

Objetivando verificar a tendência de incremento corrente entre os sítios e os gêneros (machos e fêmeas), os dados de incremento foram analisados através de uma análise de Coordenadas Principais (PCoA). Sendo o número de coordenadas estabelecidas pelo teste de randomização (999 vezes) para um valor de $p < 0,05$ (MCCUNE; GRACE, 2002), e a distância utilizada de Jaccard. Seguindo recomendações de Kaiser (1960), apenas componentes com valores superiores a 1 (um) foram inseridos nas análises.

Os testes estatísticos foram realizados através dos softwares Xlstat, PC-Ord.6 e Past.

5.3 Resultados e discussão

Ao todo foram coletados 53 indivíduos de *Araucaria angustifolia* (Bertol). Kuntz em ambos os sítios, sendo 24 machos, 18 fêmeas e 11 juvenis. Devido à presença de alterações, anomalias e/ou estruturas anatômicas “atípicas” do lenho, (Apêndice 4 e 5) como: (i) falsos anéis, (ii) anéis descontínuos ou “em cunha”, (iii) flutuações intra-anuais de densidade e (iiii) depósitos de resina, diversas amostras

não puderam ser inseridas nas análises e, portanto, foram excluídas pela dificuldade de demarcação dos limites dos anéis de crescimento. Essas anomalias e/ou estruturas consideradas “atípicas” – intrínsecas à estrutura anatômica da madeira desta espécie, foram também observadas por Cattaneo *et al.* (2013); Oliveira *et al.* (2010); Oliveira (2009); Seitz e Kanninen (1989). Sendo essas características, uma das principais dificuldades encontradas nos estudos dendrocronológicos desenvolvidos com a espécie por comprometerem as correlações “sincronismo” entre séries temporais de anéis de crescimento.

Dessa forma, 21 indivíduos (seis juvenis, seis fêmeas e nove machos) representantes do sítio1(borda) e 19 indivíduos (três juvenis, nove fêmeas e sete machos) representantes do sítio 2 (interior florestal) foram utilizados nos estudos dendroecológicos.

5.3.1 Estrutura diamétrica

A estrutura diamétrica das araucárias (Figura 5) entre os sítios apresentou diferenças estatisticamente significativas ($U=76/p=0,001$), sendo os indivíduos de interior (sítio 2) com diâmetro médio de 74,50 cm e os indivíduos de borda com 33,12 cm, em média. Embora as araucárias de interior sejam representadas por indivíduos de maior diâmetro, através da análise de Cluster (Figura 6) realizada pelo método de grupos pareados, distância euclidiana e coeficiente de correlação cofenética igual a 0,83, pode-se notar certa distribuição heterogênea das classes diamétricas.

Entretanto, os indivíduos de interior (IN.1, IN.3, IN.5, IN.8, IN.15, IN.17 e IN.20), com diâmetro entre 70 a 80 cm, e os indivíduos IN.4, IN.7 e IN.18, com diâmetros superior a 80 cm, foram agrupados na análise, comprovando a presença de indivíduos de maior porte no interior da formação florestal.

Outra característica que reflete o *status* de conservação dos sítios é a maior distribuição de indivíduos entre as classes diamétricas no interior da floresta. Essa observação poderia refletir certa resistência da espécie em ambientes mais preservados, indicando certa homogeneidade de indivíduos entre as classes de diâmetro no sítio interior. O oposto é observado no sítio borda, onde a ausência de indivíduos com DAP acima de 80 cm poderia ser indício de perturbação pretérita (PINHEIRO; MONTEIRO, 2009). A falta de indivíduos nas maiores classes de

diâmetro na condição de borda corrobora com as condições do sítio, sendo caracterizado como área menos preservada em estágios intermediários de sucessão, em virtude da proximidade dos limites da unidade de conservação e prováveis explorações madeireiras ocorridas em passado recente (WATZLAWICK *et al.*, 2013).

A diferença diamétrica entre os gêneros não foi comprovada estatisticamente ($U=118/p=0,93$), ainda que indivíduos fêmeas tenham apresentado diâmetro médio (52,54 cm) superior ao dos machos (48,08 cm). Resultado este também encontrado por Paludo *et al.* (2009), desenvolvendo trabalho em Santa Catarina, e por Zannon e Finger (2010), utilizando cintas dendrométricas e comparando o crescimento entre machos e fêmeas em resposta à temperatura e à precipitação no Rio Grande do Sul.

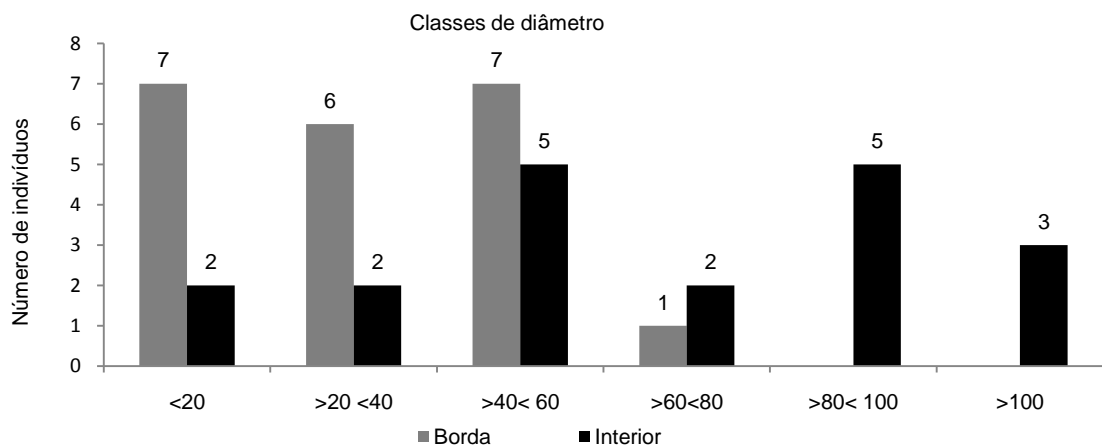


Figura 5 Número de indivíduos de *A. angustifolia* por classes de diâmetro (cm) em ambos os sítios amostrados no Parque Nacional do Iguaçu/PR.

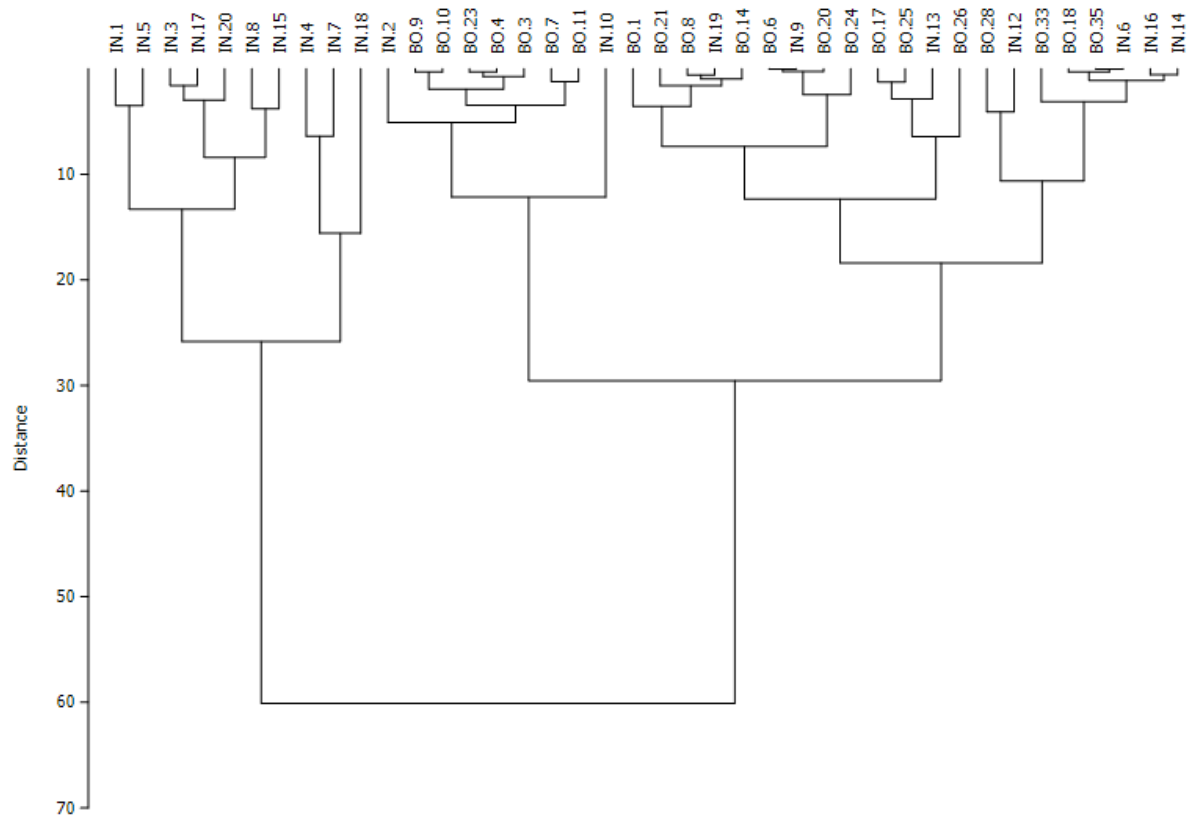


Figura 6 Análise de Cluster entre os diâmetros dos indivíduos selecionados nos sítios interior (IN) e borda (BO), pelo método de grupos pareados utilizando-se distância euclidiana.

5.3.2 Estrutura etária

A idade dos indivíduos amostrados (Figura 7) foi estimada, pois além das coletas do lenho terem sido realizadas a 1,30 metros do nível do solo, o que já excluiria alguns anos de vida da planta, apenas 15 indivíduos (10 no sítio interior e 05 no sítio borda) possuíam séries temporais com a presença evidente da medula e a totalidade dos anéis de crescimento representados radialmente.

Analisando todos os indivíduos entre sítios, a diferença de idade foi estatisticamente significativa ($U=116/p=0,025$), sendo que os indivíduos mais longevos foram observados no sítio 2 (interior) com idade média de 71 anos, enquanto que a idade média dos indivíduos selecionados no sítio 1 (borda) foi de 47 anos.

As análises de séries temporais dos anéis de crescimento podem ser utilizadas para determinar o grau de distúrbios dos remanescentes florestais, (OLIVEIRA; PILLAR; ROIG, 2007). Conforme observado pela estrutura etária das populações amostradas no sítio borda, com árvores mais jovens, muito provavelmente seria resultado do histórico de exploração recente decorrente de ações antrópicas.

Fatores micro-climáticos também devem influenciar a estrutura etária dos sítios analisados, como a mortalidade de árvores devido a turbulência de ventos estendendo-se até 500 m da borda para o interior florestal (LAURENCE *et al.*, 1998), o que poderia afetar as araucárias em proximidade com a borda florestal.

Através da análise de Cluster (Figura 8) realizada pelo método de grupos pareados com distância euclidiana e coeficiente de correlação cofenética igual a 0,85, é possível verificar o agrupamento a esquerda dos indivíduos mais longevos (70 a 159 anos) representados principalmente por indivíduos de interior (IN.7, IN.17, IN.20, IN.8, IN.4, IN.12, IN.16, IN.5, IN.18, IN.15 e IN.3).

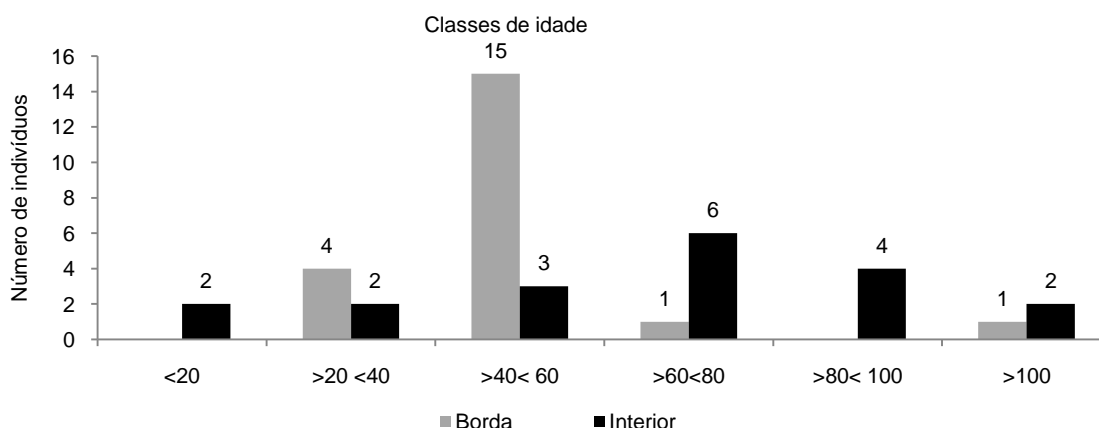


Figura 7 Número de indivíduos amostrados de *A. angustifolia* por classes de idade (anos) no Parque Nacional do Iguaçu/PR.

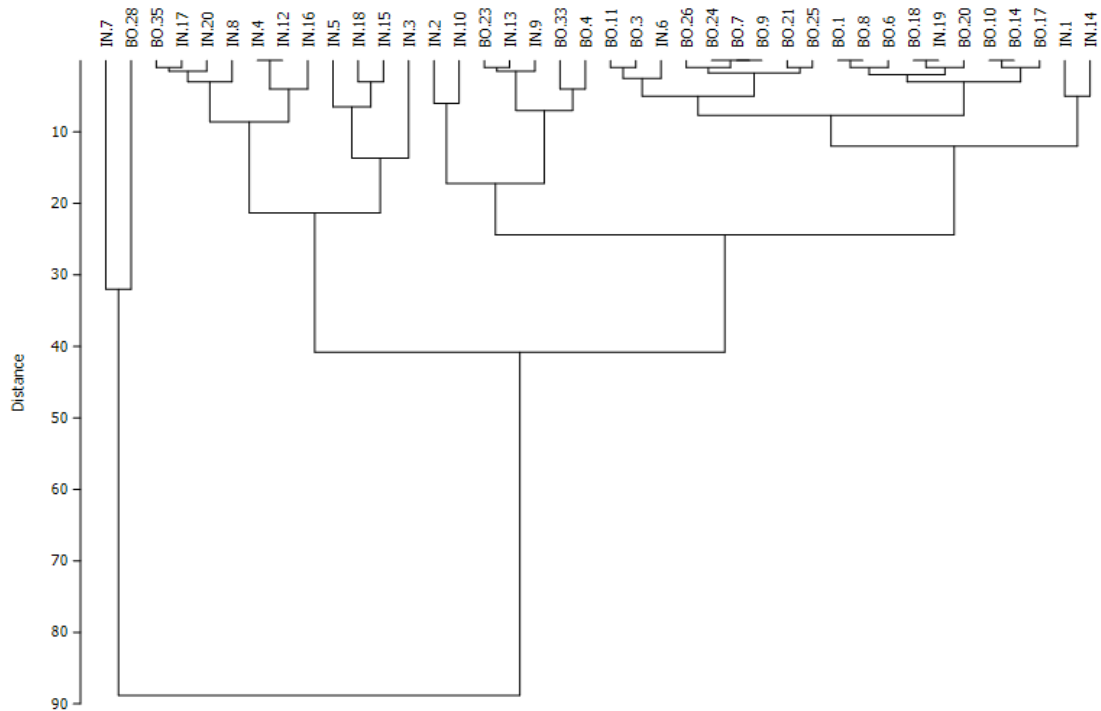


Figura 8 Análise de Cluster entre a idade dos indivíduos do sítio interior (IN) e sítio borda (BO), pelo método de grupos pareados utilizando distância euclidiana.

De forma similar ao observado nas análises diamétricas, a ausência de indivíduos no sítio 1(borda) entre as classes de idade < 20 anos e >80< 100 anos, sugere certa instabilidade do sítio. Dificultando a espécie em manter taxas constantes de crescimento, ocasionando falta de indivíduos em algumas classes de idade. No entanto, considerando-se todos os indivíduos selecionados em ambos os sítios amostrais é possível observar que existe uma relação linear positiva entre DAP e idade ($R^2=0,65$) (Figura 9), observando-se que os indivíduos de interior representam a população mais longeva e de maior porte.

Estudando a dinâmica de colonização de campos por araucária Silva (2009) observou indivíduos mais longevos próximos à borda florestal, em respostas ao maior aporte de sementes devido à proximidade da área fonte e indivíduos adultos. Dos Santos (2008) também encontrou maior densidade de propágulos em ambientes de interior e na borda de campos.

Fazendo uma analogia entre sítio interior (presente trabalho) e borda floresta campo (SILVA, 2009) e sítio borda (presente trabalho) com campo (SILVA, 2009), os resultados de certa forma assemelham-se. Sendo que em áreas mais preservadas e

de maior contínuo florestal a espécie apresentaria indivíduos mais velhos. Ou seja, seria esperado um gradiente etário entre campo, borda floresta e interior florestal.

Corroborando com o observado por Oliveira, Pillar e Roig (2007), onde indivíduos dominantes de araucária localizados na floresta apresentaram amplitude etária de 35 a 203 anos, já os indivíduos de campo de 34 a 155 anos.

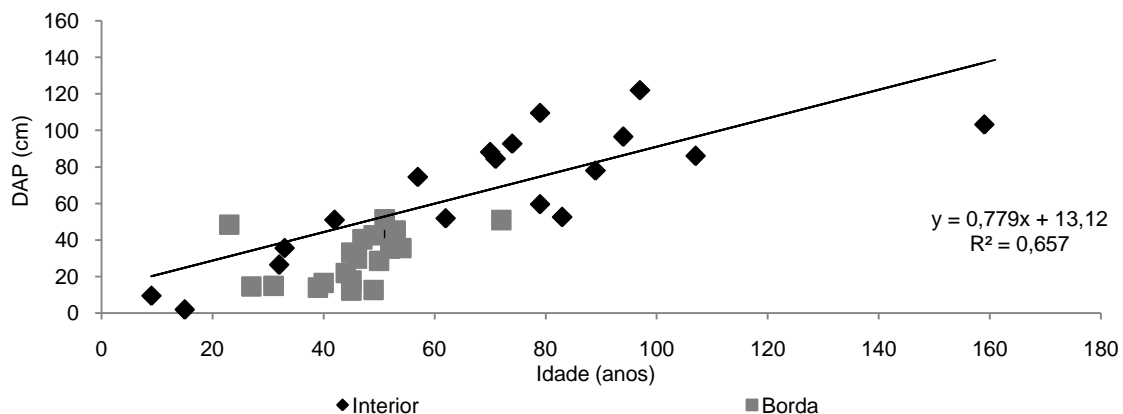


Figura 9 Relação entre idade e diâmetro à altura do peito (DAP) para os indivíduos de araucária selecionados nos sítios borda (n=21) e interior (n=19) no Parque Nacional do Iguaçu/PR.

5.3.3 Incremento corrente médio anual

O incremento radial corrente médio anual (IMA) das araucárias entre sítios no período de 65 anos (1945 a 2010) (Figura 10) foi estatisticamente significativo através do teste t de Student ($p=0,017$), com IMA = 0,32 cm/ano para as araucárias de interior e de 0,25 cm/ano para as de borda. Os valores de incremento corrente anual observados são próximos aos encontrados por Schaaf (2001) (0,32 cm/ano); Stepka (2012) (de 0,3 a 0,58 cm/ano) e inferiores aos de Durigan (1999) (0,42 cm/ano); Mattos *et al.* (2010) (0,5 cm/ano); Figueiredo *et al.* (2010) (0,45 cm/ano); Cattaneo *et al.* (2013) (0,47 e 0,48 cm/ano). Podendo ser essa diferença reflexo dos sítios amostrais, sendo apenas o trabalho de Cattaneo *et al.* (2013) desenvolvido em plantio, além de variações ontogenéticas e microclimáticas (SANTAROSA *et al.*, 2007).

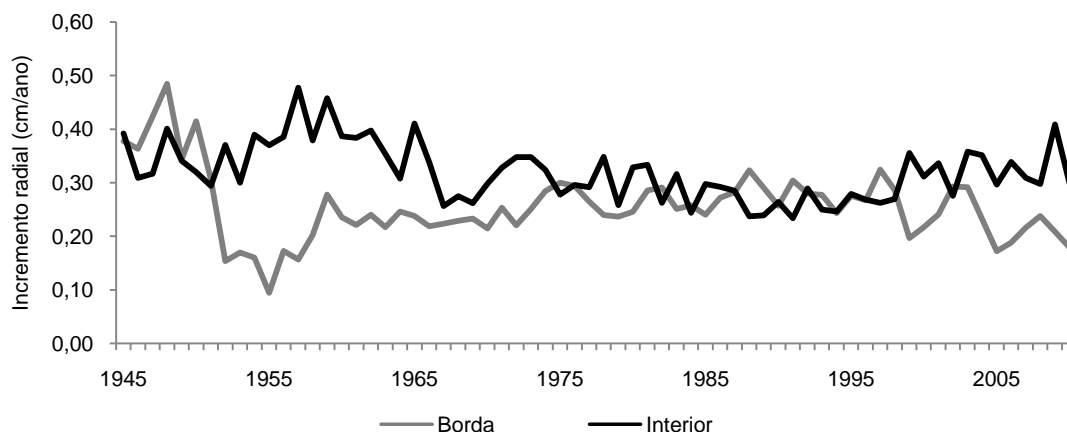


Figura 10 Incremento radial médio dos indivíduos de *A.angustifolia* localizados nos sítios borda (n=21) e interior (n=19), no ParNa Iguaçu/PR.

O menor incremento corrente observado no sítio borda pode estar influenciado pela maior densidade de indivíduos no sítio, aumentando a competição intra e interespecífica.

Zannon e Finger (2010) relacionam o menor crescimento de árvores dominadas em relação às dominantes ou co-dominantes. Essa observação pode ser relacionada às características dos indivíduos de borda, sendo representados por árvores de menor porte e idade, apresentando característica de árvores dominadas.

Em espaçamentos reduzidos, as árvores apresentam redução do diâmetro, onde se observa a presença de muitas árvores dominadas (HEES; SCHNEIDER, 2009), fato observado no sítio borda.

Buscando avaliar possíveis diferenças no incremento corrente entre períodos menores de tempo, valores a cada dez anos (variação decadal) foram analisados através do teste t de Student e teste U de Mann Whitney (Tabela 5). Os resultados foram significativos apenas para os anos de 1956 a 1966; 1967 a 1977; 1978 a 1988 e 2000 a 2010, onde os indivíduos de interior apresentaram maiores valores de incremento corrente. Observa-se que no período entre 1989 a 1999 o incremento corrente foi semelhante entre os sítios. Esse resultado sugere alguma alteração de recurso em resposta a fatores ambientais e/ou de origem antrópica, ocasionando a redução de incremento no sítio de interior e aumento no incremento no sítio borda.

Tabela 5 Variação decadal do incremento corrente entre os indivíduos localizados nos sítios de borda e interior florestal no ParNa Iguaçu/PR. Linhas sombreadas indicam significância dos dados.

Período	Crescimento corrente (cm)		Valor de t	Valor de U
	Borda	Interior		
1945 a 1955	0.30	0.35	t=-106/p=0,290	
1956 a 1966	0.23	0.39		U=3594/p<0,0001
1967 a 1977	0.25	0.30		U=1259/p=0,003
1978 a 1988	0.26	0.29		U=17180/p=0,027
1989 a 1999	0.27	0.27		U=2096/p=0,604
2000 a 2010	0.23	0.33		U=1675/p<0,0001

Através de uma análise de coordenadas principais (PCoA) (Figura 11) pode-se observar a formação de dois grupos representando os indivíduos com maiores incrementos correntes (sítio interior) e menores incrementos correntes (sítio borda), onde a primeira coordenada explica 23,43% da variação dos dados e a segunda 15,77%.

Mediante os autovalores sugeridos pelo critério de Kaiser (1960), incluiu-se na análise apenas os componentes cujo valor próprio foi superior a 01(um). Dessa forma, apesar de o teste de randomização ($p<0,05$) considerar os seis primeiros eixos como significativos, optou-se por utilizar apenas dois componentes na PCoA.

Embora certa sobreposição de sítios seja observada, verifica-se que os indivíduos de borda BO.1; BO.18; BO.28 e BO.35 representam os maiores incrementos radiais correntes da borda (de 0,30 a 0,40 cm/ano), justificando seu agrupamento com os indivíduos de interior. Já os indivíduos de interior IN.2; IN.6; IN.9; IN.10; IN.13 e IN.19, agrupados com os indivíduos de borda, possuem os menores valores de incremento corrente no sítio interior (0,10 a 0,20 cm/ano) explanando seu agrupamento com os indivíduos de borda.

Dessa forma, mesmo apresentando certa heterogeneidade, acredita-se no maior incremento corrente dos indivíduos de interior, através de análises de hipóteses e de agrupamentos.

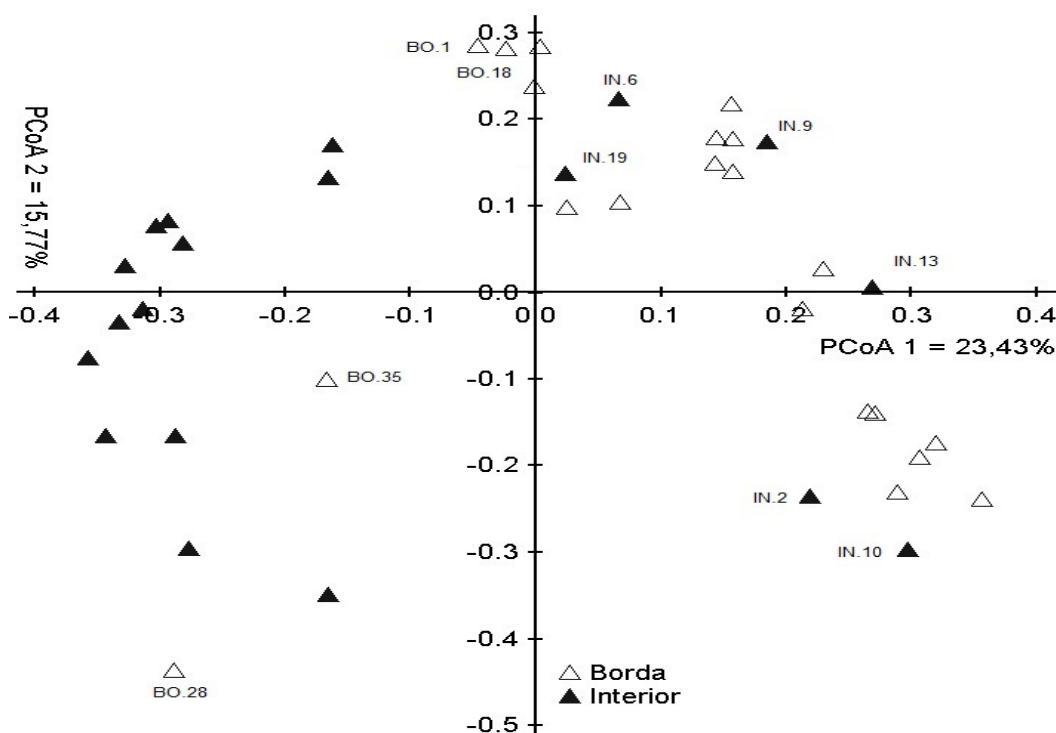


Figura 11 Análise de Coordenadas Principais para incremento corrente anual (ICA) radial, dos indivíduos de *Araucaria angustifolia* no sítio borda e interior no Parque Nacional do Iguaçu/PR.

Devido às observações *in situ* dos indivíduos machos e fêmeas, pode-se verificar através do teste t de Student ($t = -1,60/p = 0,13$) que a diferença na média dos incrementos correntes radiais entre gêneros no período de 1945 a 2010 não foi significativa. Embora os machos apresentem incremento superior (0,33 cm/ano) ao das fêmeas (0,29 cm/ano).

Esse resultado também foi comprovado pela PCoA (Figura 12), sendo observado grande heterogeneidade entre os gêneros. Apesar do teste de randomização ($p < 0,05$) considerar os quatro primeiros eixos significativos, seguiu-se a recomendação do critério de Kaiser (1960), onde apenas os componentes com valores superiores a 01 (um) foram inseridos nas análises. Sendo a primeira coordenada explicativa de 28,40% da variação dos dados e a segunda 13,96%.

Cattaneo *et al.* (2013), analisando *A. angustifolia* procedente de plantios na Argentina, encontrou resultados similares aos obtidos neste trabalho. Estes autores não observaram diferenças significativas no incremento corrente entre indivíduos fêmeas e machos em todo período analisado (1950 a 2008), ainda que o incremento corrente entre gêneros (fêmeas 0,47 cm/ano; machos 0,48 cm/ano) tenha sido superior ao observado nos indivíduos selecionados no ParNa Iguaçu. Entretanto, há

de se considerar o fato de tratar-se de indivíduos ocorrendo em área de plantio, com espaçamentos definidos e condições controladas para o crescimento da espécie.

Obviamente, os menores valores observados para as araucárias do ParNa Iguaçu refletem também as condições ambientais naturais dos sítios, bem como da espécie frente a maior competição tanto inter quanto intraespecífica. Respostas diferentes ao crescimento frente à disponibilidade de recursos ambientais, espaços físicos, edáficos, topográficos, fatores de competição, constituição genética e histórico de vida (ZANNON, 2007), causas determinantes no crescimento das árvores.

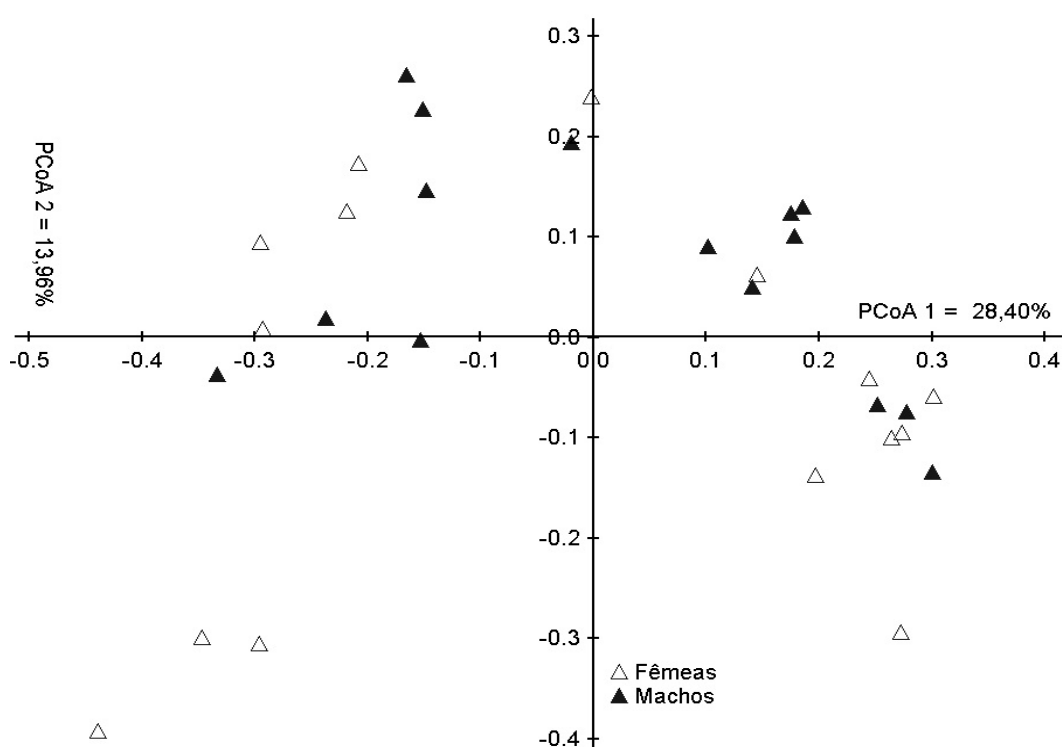


Figura 12 Análise de Coordenadas Principais para incremento corrente médio anual (ICA) radial, dos indivíduos machos e fêmeas de *Araucaria angustifolia* no Parque Nacional do Iguaçu/PR.

Ao realizar a comparação interdecadal (Tabela 6), foi possível verificar o maior incremento dos indivíduos machos em praticamente todos os períodos analisados. Este resultado pode estar relacionado à diminuição do crescimento das fêmeas em períodos reprodutivos (ÂGREN, 1989; HERRERA, 1988; VASILIAUSKAS; AARSSSEN, 1992) e a preservação de fêmeas pela oferta de recursos por populações de entorno do ParNa Iguaçu.

Apesar do maior incremento dos machos, entre as décadas de 1956 a 1966 e 2000 a 2010, as fêmeas apresentaram os maiores valores para tal variável, embora sem significância estatística. Esse resultado sugere que tanto as fêmeas como os machos possuem demandas diferentes de crescimento, podendo se alternar no decorrer da vida. Como observado por Cattaneo *et al.* (2013), onde as fêmeas apresentaram maiores incrementos após 1990.

Comparando o diâmetro entre machos e fêmeas de araucária, Zanon *et al.* (2009) e Paludo *et al.* (2009) também observaram maiores valores diamétricos para as fêmeas. Já para Mantovani (2003), os indivíduos machos obtiveram os maiores diâmetros, enquanto que Solórzano-Filho (2001) não encontrou diferenças entre os gêneros. Assim, acredita-se na plasticidade do crescimento entre fêmeas e machos diante de condições específicas atribuídas as condições de sítio e histórico ao longo do ciclo de vida.

Tabela 6 Incremento corrente entre araucárias machos e fêmeas localizadas no sítio borda e sítio interior no Parque Nacional do Iguaçu/PR. Linhas sombreadas indicam significância dos dados.

Período	Incremento corrente (cm)		Valor de U
	Fêmeas	Machos	
1945 a 1955	0.29	0.39	U=189/p=0,001
1956 a 1966	0.36	0.33	U=6038/p=0,456
1967 a 1977	0.25	0.33	U=8164/p<0,0001
1978 a 1988	0.24	0.35	U=8120/p<0,0001
1989 a 1999	0.29	0.31	U=12598/p=0,035
2000 a 2010	0.32	0.27	U=16093/p=0,083

Com a finalidade de analisar o incremento corrente entre anos biológicos, taxas de incremento nos 30 primeiros anos de vida entre 10 indivíduos de borda e 05 indivíduos de interior apresentando medula evidente foram comparadas. No decorrer destes 30 primeiros anos, os indivíduos de interior apresentaram incremento corrente médio anual da ordem de 0,35 cm/ano ($t=-8,16/p=0,0001$), comparando-se a média de 0,24 cm/ano para os indivíduos de borda.

Segundo Husch *et al.* (1982), o crescimento das árvores define-se como o aumento periódico do tamanho de raízes, copa e tronco, em respostas a estímulos ambientais e processos intrínsecos da vida do indivíduo, onde a interação desses fatores são determinantes na qualidade do sítio. Dessa forma, as maiores taxas de incremento das araucárias de interior refletiriam a melhor qualidade do sítio.

Analisando o incremento entre décadas (Tabela 7), os resultados também foram estatisticamente significativos, comprovando o maior incremento corrente dos indivíduos de interior em menores escalas de tempo.

Tabela 7 Incremento corrente entre anos biológicos de araucárias localizadas no sítio borda e sítio interior no Parque Nacional do Iguaçu/PR.

Período	Crescimento corrente (cm)		Valor de U
	Borda	Interior	
1 a 10	0.25	0.38	U=1523/p=0,001
11 a 20	0.24	0.35	U=9840/p=0,001
21 a 30	0.26	0.34	U=1007p=0,006

Embora alguns trabalhos enfatizem o melhor crescimento da araucária em ambientes mais luminosos (DUARTE; DILLENBURG, 2000; GUGLIELME; GANADE, 2006), sobretudo em indivíduos ocorrendo em regiões de borda florestal, esse não foi o constatado no presente trabalho, onde os indivíduos do interior sobressaíram-se em relação aos do sítio borda.

Acredita-se que a proximidade da borda facilite o recrutamento e crescimento da espécie nos estágios iniciais de desenvolvimento. Além de seu crescimento inicial mais rápido ser favorecido pela grande reserva nutritiva de suas sementes (EING *et al.*, 1999; ZANDAVALLI, 2006). Após esse período, a maior competição intra e interespecífica e, conseqüentemente, maior densidade de indivíduos reduziria o incremento diamétrico da araucária na borda. Esse resultado poderia sugerir que as araucárias de borda estariam investindo maior energia no crescimento apical, entretanto esse resultado não foi confirmado no capítulo 1 (pg 30).

5.3.4 Incremento acumulado

Devido a variações nas taxas de crescimento cambial entre árvores de diferentes tamanhos e idades (BOWMAN *et al.*, 2013), buscou-se amenizar o efeito do incremento acumulado entre indivíduos pertencentes a diferentes classes etárias. Dessa forma, os indivíduos do sítio borda e interior foram agrupados em três classes de diâmetro (<20 cm; >20<40 cm; >40<60 cm).

Analisando-se a primeira classe diamétrica (<20 cm) comprovou-se o maior incremento acumulado dos indivíduos de interior (1,82 cm/ano; U=405/p=0,020) em

relação aos de borda (1,17 cm/ano) durante o período em comum de 2000 a 2010 (Figura 13).

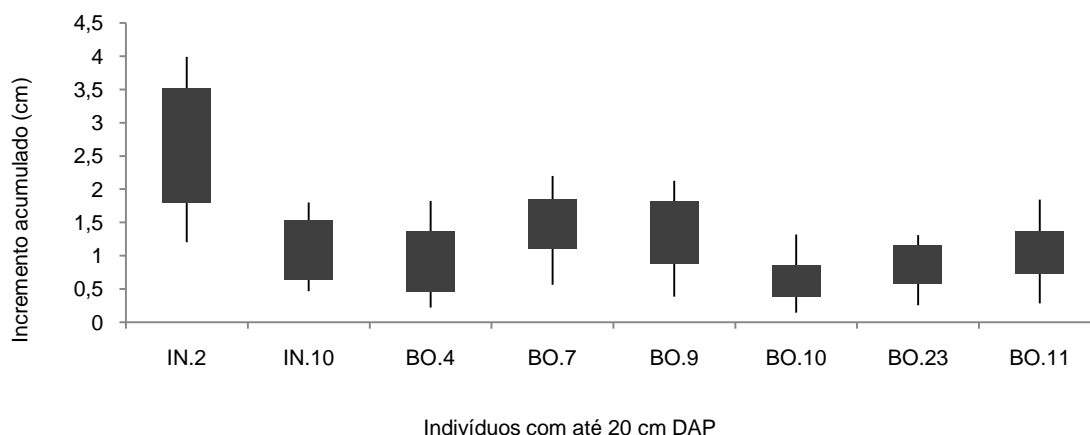


Figura 13 Incremento acumulado dos indivíduos de borda e interior com até 20 cm de DAP entre o período de 2000 a 2010 no ParNa Iguaçu/PR. BO-Sítio borda/IN-Sítio interior.

Os indivíduos pertencentes à segunda classe de diâmetro ($>20 < 40$ cm) foram analisados entre o período de 1978 a 2010. Sendo o incremento acumulado do sítio interior (6,80 cm/ano; $t = -4,250/p < 0,001$) significativamente maior que o sítio borda (4,77 cm/ano) (Figura 14). Analisando o incremento acumulado entre décadas (Tabela 8), comprovou-se os maiores valores para os indivíduos de interior. Embora, apenas entre 1978 a 1988 o resultado apresentar significância estatística.

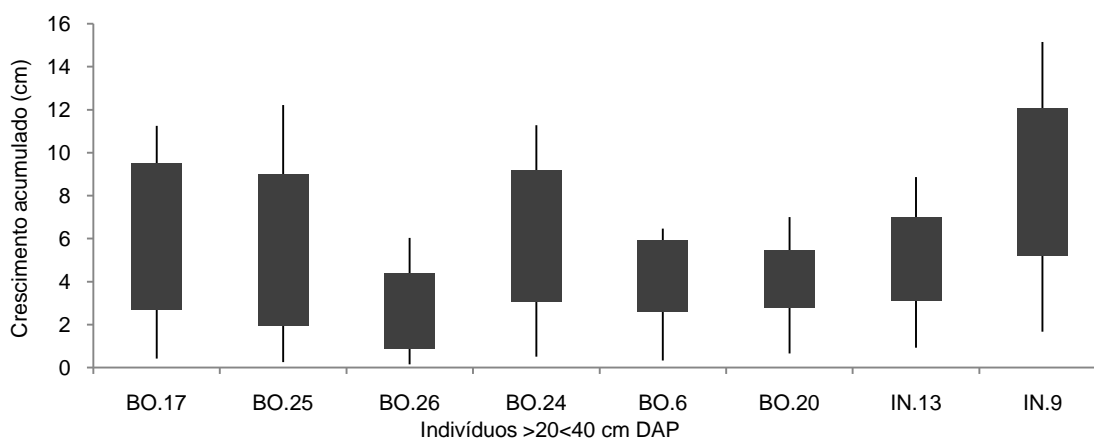


Figura 14 Incremento acumulado dos indivíduos de borda e interior >20 cm <40 cm de DAP entre o período de 1978 a 2010 no ParNa Iguaçu/PR. BO-Sítio borda/IN-Sítio interior.

Tabela 8 - Incremento acumulado entre araucárias (>20<40 cm DAP) localizadas no sítio borda e sítio interior no Parque Nacional do Iguaçu/PR. Linhas sombreadas indicam significância dos dados.

Período	Indivíduos com DAP >20<40 cm		Valor de t
	<u>Incremento acumulado (cm)</u>		
	Borda	Interior	
1978 a 1988	1,53	3,13	t=-5,77/p<0,001
1989 a 1999	2,03	2,22	t=-0,574/p=0,568
2000 a 2010	1.79	2.24	t=-1,513/p=0,134

Os indivíduos representantes das maiores classes diamétricas (>40<60 cm) não apresentaram entre o período comum de 1967 a 2010 diferenças estatisticamente significantes ($U=3578/p=0,395$), apesar dos indivíduos de borda (7,17 cm) apresentarem os maiores incrementos acumulados em relação aos de interior (6,55 cm) (Figura 15).

Analisando o incremento acumulado entre décadas (Tabela 9), os indivíduos de borda apresentaram em praticamente todos os períodos os maiores valores. Entretanto apenas em 1989 a 1999 e 2000 a 2010 os valores obtiveram suporte estatístico, sendo que na última década os indivíduos de interior apresentaram os maiores valores.

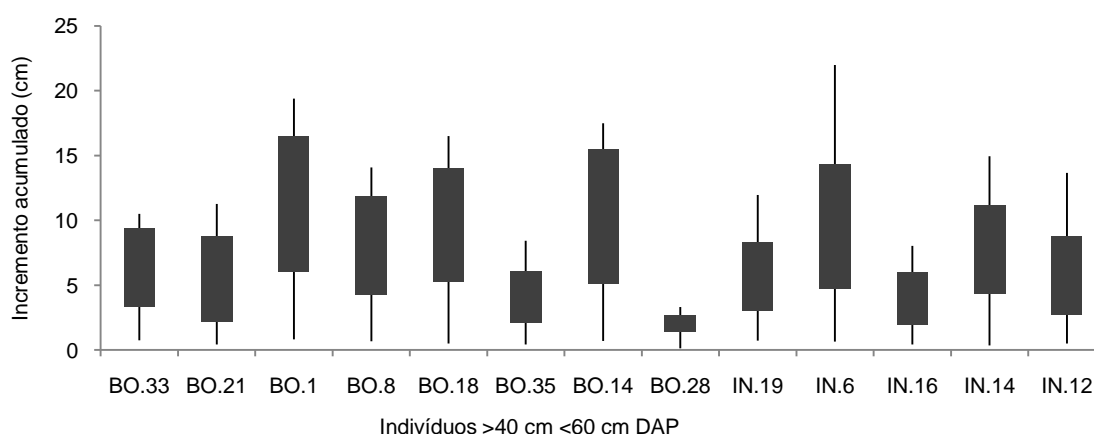


Figura 15 Incremento acumulado dos indivíduos de borda e interior >40 cm <60 cm de DAP entre o período de 1967 a 2010 no ParNa Iguaçu/PR. BO-Sítio borda/IN-Sítio interior.

Tabela 9 Incremento acumulado entre araucárias (>40<60 cm DAP) localizadas no sítio borda e sítio interior no Parque Nacional do Iguaçu/PR. Linhas sombreadas indicam significância dos dados.

Período	Indivíduos com DAP >40<60 cm		Valor de U
	Incremento acumulado (cm)		
	Borda	Interior	
1967 a 1977	1,91	1,60	U=1490/p=0,576
1978 a 1988	2,23	1,91	U=1876/p=0,502
1989 a 1999	2,27	1,67	U=2474/p=0,023
2000 a 2010	1,66	2,83	U=1178/p<0,001

Importante observar que apenas na maior classe diamétrica (> 40 < 60 cm) os indivíduos de borda se sobressaíram em relação aos de interior. Entretanto, resultados só apresentaram significância estatística nas últimas décadas analisadas. Sendo que de 2000 a 2010, os indivíduos de interior apresentaram os maiores incrementos acumulados. Esse resultado pode indicar certa homogeneidade no incremento acumulado entre os indivíduos maiores que 40 cm e menores que 60 cm de diâmetro.

Por estarem incluídos na maior classe diamétrica (>40 cm < 60 cm) representam os indivíduos mais longevos, com idade média de 64 anos no interior e 60 anos na borda. Supõe-se que, esses indivíduos já tenham atingido a maturidade reprodutiva. Segundo Hess (2006), indivíduos de *A. angustifolia* localizados no Rio Grande do Sul, atingiram maturidade com 60 anos, onde a capacidade máxima de suporte é verificada. Sendo que após a maturidade nenhum aumento importante de crescimento é observado (ODUM, 1988).

Dessa forma, acredita-se que a maturidade dos indivíduos na maior classe diamétrica esteja refletindo na homogeneidade de incremento acumulado entre os sítios.

O valor de incremento acumulado entre indivíduos machos e fêmeas seguiu o mesmo padrão do crescimento corrente entre gêneros, sendo que no período comum de 1945 a 2010 não apresentaram diferenças estatisticamente significativas ($t=-1,55/p=0,152$).

Comparando-se o incremento acumulado entre décadas (Tabela 10), é possível verificar os maiores valores dos machos em relação às fêmeas. Sendo que

apenas em 1956 a 1966 e de 2000 a 2010, as fêmeas se sobressaíram em relação aos machos, embora não sendo suportado pelo teste U de Mann-Whitney.

Tabela 10 Incremento acumulado entre machos e fêmeas localizados no sítio no sítio borda e sítio interior no Parque Nacional do Iguaçu/PR. Linhas sombreadas indicam significância dos dados.

Período	Incremento acumulado (cm)		Valor de U
	Fêmeas	Machos	
1945 a 1955	1,96	2,62	U=1602/p=0,020
1956 a 1966	2,41	2,34	U=2484/p=0,234
1967 a 1977	1,54	2,01	U=6398/p=0,001
1978 a 1988	1,53	2,18	U=7044/p<0,001
1989 a 1999	1,78	2,01	U=9482/p=0,019
2000 a 2010	2,09	1,83	U=11652/p=0,593

Analisando o incremento acumulado entre anos biológicos (do 1° ao 30°) os indivíduos de interior, com taxas médias de 2,10 cm/ano ($t=-13,11/p<0,001$), foram superiores aos de borda (1,53 cm/ano). Comprovando-se o seu maior incremento entre as três primeiras décadas de vida (Tabela 11), fato também observado no incremento corrente.

Tabela 11 Incremento acumulado entre anos biológicos de araucárias localizadas no sítio borda e sítio interior no Parque Nacional do Iguaçu/PR.

Ano biológico	Incremento acumulado (cm)		Valor de U
	Borda	Interior	
1 a 10	1,46	2,07	U=139/p=0,001
11 a 20	1,57	2,10	U=864/p=0,023
21 a 30	1,58	2,15	U=821/p=0,011

5.3.5 Desenvolvimento de cronologias

Para o desenvolvimento de cronologias da espécie por sítio amostral, buscou-se inicialmente a utilização de todos os 40 indivíduos inseridos nas relações de incremento corrente e acumulado (cf. subitens 5.3.3 e 5.3.4).

Entretanto, a visualização e demarcação dos limites dos anéis de crescimento foi muitas vezes dificultada em diversas séries temporais analisadas pela presença frequente de falsos anéis, anéis descontínuos (em cunha), flutuações intra-anuais de densidade e depósitos de resina (Apêndice 4 e 5), acarretando baixas correlações resultantes do programa COFECHA. O descarte de séries

temporais apresentando baixa correlação também foi mencionado por Cattaneo *et al.* (2013).

Essas irregularidades e/ou características anatômicas da madeira de *A. angustifolia* foram observadas em praticamente todos os indivíduos. Constatações semelhantes foram mencionadas em trabalhos anteriores com a espécie (CATTANEO *et al.*, 2013; OLIVEIRA *et al.*, 2010; OLIVEIRA, 2009; SEITZ; KANNINEN, 1989) indicando a presença dessas características no lenho da araucária, o que dificultaria a análise e observação, as quais são mais frequentes em indivíduos mais velhos (CATTANEO *et al.*, 2013; OLIVEIRA *et al.*, 2010). A presença, por exemplo, de falsos anéis de crescimento pode estar relacionada a um curto período seco ocorrendo durante o período de maior crescimento, ocasionando redução temporária no alongamento das células de *A. angustifolia* (OLIVEIRA *et al.*, 2010).

Procurando obter correlações mais próximas do ponto crítico (0,51), foram selecionadas 12 árvores no sítio borda e 11 no sítio interior, apresentando correlações próximas a 0,4 utilizadas para compor as cronologias finais em cada sítio analisado. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 12.

Tabela 12 Parâmetros estatísticos considerados e resultados encontrados na sincronia de *A. angustifolia* no sítio borda e sítio interior no ParNa Iguaçu/PR.

Parâmetros	Cronologias	
	Borda	Interior
Número de árvores*	12 (16)	11 (12)
Número de séries*	19 (33)	17 (27)
Número de anéis	796	842
Comprimento médio da série	43 (s± 7,44)	49 (s±26,3)
Comprimento máx./mín. da série	54/27	97/9
Período considerado	1957 a 2010	1914 a 2010
Intercorrelação (r)	0,416	0,408
Ponto crítico	0,5155	0,5155
Sensibilidade média	0,37	0,428

(*) valores entre parênteses indicam o n°. inicialmente selecionado.

A extensão cronológica obtida no presente trabalho de 97 anos (1914 a 2010) foi inferior à encontrada por Stepka (2012) (226 anos); Fischer (2009) (248 anos); Oliveira et al. (2010) (122 e 142 anos) e superior a observada por Cattaneo *et al.* (2013) (58 anos) e Seitz e Kanninen (1989) (53 anos). Essa diferença de extensão reflete a estrutura da fitocenose avaliada, sendo que apenas o trabalho de Cattaneo *et al.* (2013) foi realizado em condições de plantio.

A sincronia da largura dos anéis de crescimento indicou padrões de crescimento comum no intervalo de tempo analisado (Figuras 16 e 17). Os 12 indivíduos de *A. angustifolia* no sítio borda apresentaram correlação média de 0,404, já no interior, a correlação dos 11 indivíduos considerados foi igual a 0,416, demonstrando certa semelhança entre sítios. Ainda que não tenham atingindo o limiar de correlação ($r=0,51$), os resultados obtidos de sincronismo com as araucárias do ParNa Iguaçu foram satisfatórios, quando comparados aos de outras cronologias desenvolvidas com a espécie (cf. Tabela 13).

Sendo as correlações abaixo do ponto crítico para significância dos dados reflexo da dificuldade na visualização e determinação dos limites dos anéis de crescimento, fato também ocorrido com Oliveira *et al.* (2010) e Cattaneo *et al.* (2013).

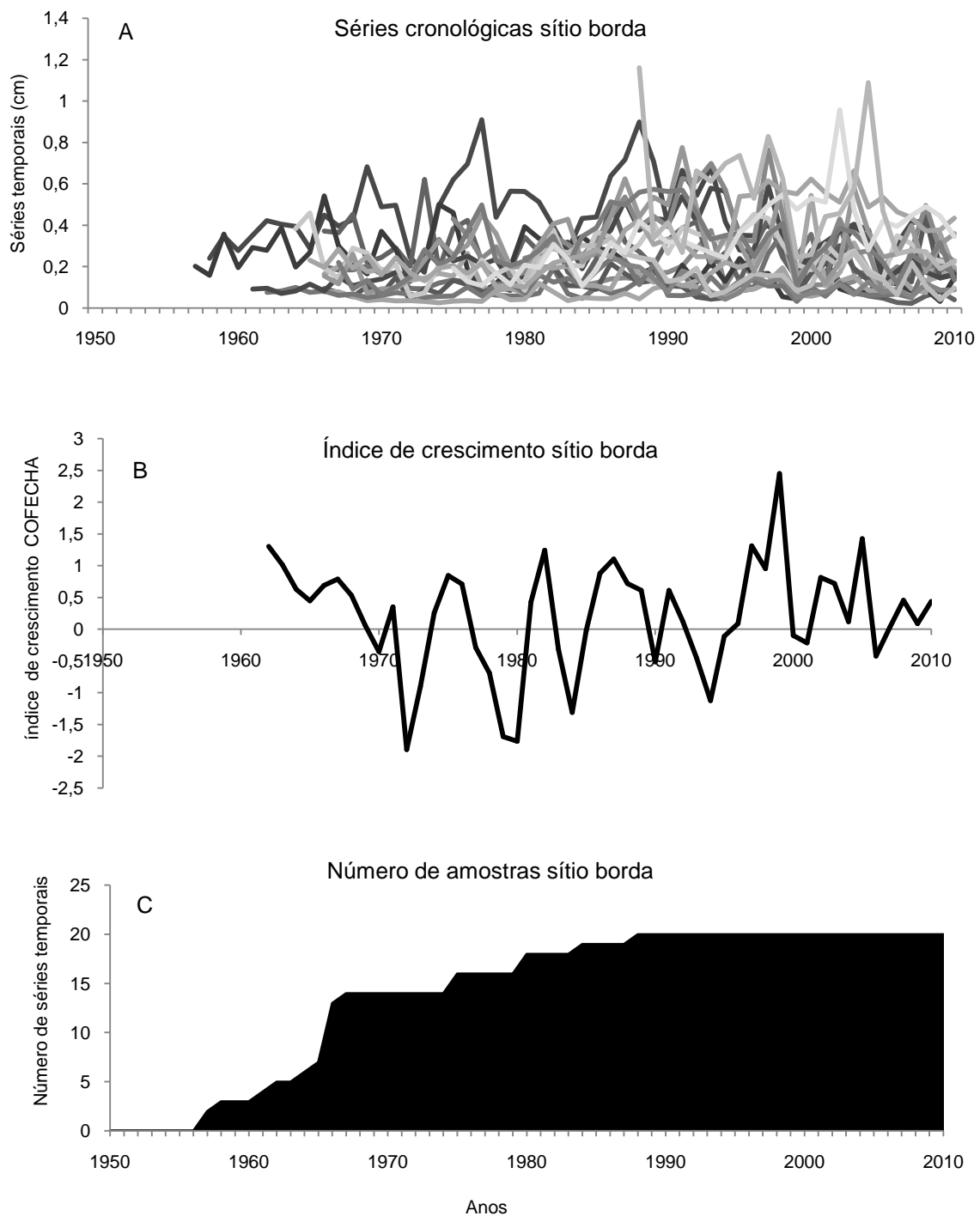


Figura 16 Síntese da sincronização para *A.angustifolia* no sítio borda: a) Séries cronológicas sincronizadas; b) Índice de largura de anéis de crescimento; c) Número de séries temporais utilizadas por período.

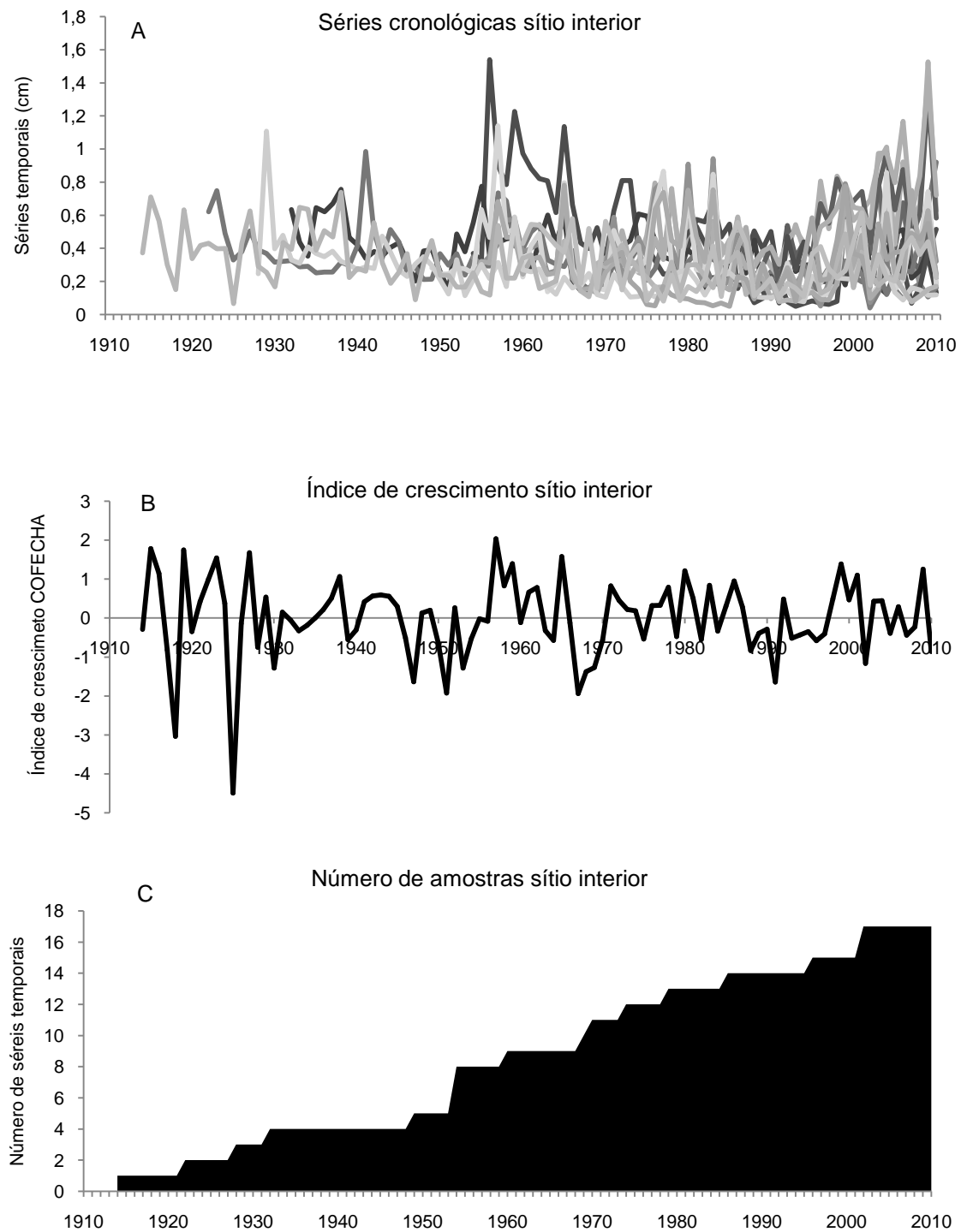


Figura 17 Síntese da sincronização para *A. angustifolia* no sítio interior: a) Séries cronológicas sincronizadas; b) Índice de largura de anéis de crescimento para; c) Número de séries temporais utilizadas por período.

A qualidade das cronologias pode ser considerada boa seguindo descrições de Grissino-Mayer (2001) onde cronologias com sensibilidade média acima de 0,3 são consideradas altas, estando a variabilidade interanual atrelada a sensibilidade climática (FRITTS, 1971), além de comparação a outros trabalhos como os de Cattaneo *et al.* (2013) (0,2 e 0,22); Oliveira *et al.* (2010) (0,25 e 0,34) e Seitz e Kanninen (1989) amenizando as intercorrelações abaixo do ponto crítico de significância a 99% de probabilidade.

Tabela 13 Intercorrelações dendrocronológicas para *A. angustifolia* em diferentes localidades.

Autor (s)	Intercorrelação (r)	Período considerado	UF	Local
Seitz e Kanninen (1989)	0,6	54 anos (1929 - 1982)	FOM	PR
Oliveira (2007)	0,25	122 anos (1882 - 2003)	FOM	RS
	0,34	142 anos (1861 - 2003)	FOM	RS
Rigozo <i>et al.</i> , (2012)	0,34	120 anos (1888 - 2007)	FOM	RS
Stepka (2012)	0,423	230 anos (1780 - 2009)	FOM	SC
	0,414	105 anos (1905 - 2009)	FESD	SC
	0,452	211 anos (1799 - 2009)	FOM	PR
	0,417	105 anos (1905 - 2009)	FOM	RS
	0,423	123 anos (1885 - 2009)	FOM	PR
	0,42	179 anos (1831 - 2009)	FOM	SC
Caettaeo <i>et al.</i> , (2013)	0,46	59 anos (1950 - 2008)	Plantio	Argentina
	0,51	56 anos (1952 - 2008)	Plantio	Argentina
Albiero Júnior (2014)	0,416	57 anos (1957 - 2010)	FOM	PR
	0,408	97 anos (1914 - 2010)	FOM	PR

FOM= Floresta Ombrófila Mista; FES= Floresta Estacional Semidecidual; PR=Paraná; SC=Santa Catarina.

Analisando a cronologia do sítio borda, os anos de menores incrementos foram 1967, 1968, 1974, 1975, 1979 e 1989. Enquanto no sítio interior, os anos de menores incrementos foram 1918, 1925, 1947, 1951, 1953, 1967, 1968, 1991 e 2002. Onde 1918, 1925 e 1967 foram os anos de menores incrementos em todo período analisado.

Os anos de maiores incrementos na borda (1957, 1958, 1977, 1982, 1992, 1993, 1994 e 2000) também diferem dos maiores incrementos para o sítio interior (1915, 1916, 1919, 1923, 1927, 1957, 1958, 1959, 1965, 1980, 1999, 2001 e 2009). Com destaque para os anos 1992, 1994 e 2000 anos de maiores incremento do sítio borda e 1957 e 1965 para o sítio interior.

A diferença nos anos de menores e maiores incrementos entre sítios indica que fatores locais, inerentes a cada sítio (e.g. disponibilidade de recursos ambientais;

competição; histórico de vida; efeitos climáticos locais) estão exercendo grande influência no crescimento da espécie. Stepka (2013) desenvolvendo cronologias de araucária no Paraná também encontrou períodos distintos de maiores e menores incremento para araucária, embora a distância entre áreas de estudo consideradas seja muito superior a do presente trabalho.

A maior influência de fatores locais (e.g. nutrição do solo e distúrbios) do que fatores regionais (clima) em *A. angustifolia* jovens (OLIVEIRA *et al.*, 2010), provavelmente exerça um papel importante refletindo também nas diferenças de incremento entre sítio, onde o sítio borda é representado por indivíduos mais jovens em relação ao sítio interior.

Buscando criar uma cronologia das araucárias do ParNa Iguaçu, os indivíduos de ambos ossítios foram agrupados (Figura 18). A sincronia abrangeu 97 anos (1914 a 2010) obtendo valor de intercorrelação médio de 0,235 (Tabela 14).

O menor valor de intercorrelação quando indivíduos de ambos os sítios foram agrupados, corroboram com a diferença de maiores e menores incrementos entre sítios, comprovando que fatores locais (e.g. variabilidade ecológica/ambiental) estão exercendo forte influência no crescimento da espécie.

Tabela 14 Parâmetros estatísticos considerados e resultados encontrados na sincronia de *A. angustifolia* no ParNa Iguaçu/PR.

Parâmetros	Cronologia ParNa Iguaçu
Número de árvores	23
Número de séries	36
Número de anéis	1639
Comprimento médio da série (anos)	49 ($s \pm 21,7$)
Comprimento máx./mín. da série	97/9
Período considerado	1914 a 2010
Intercorrelação (r)	0,235
Ponto crítico	0,5155
Sensibilidade média	0,395

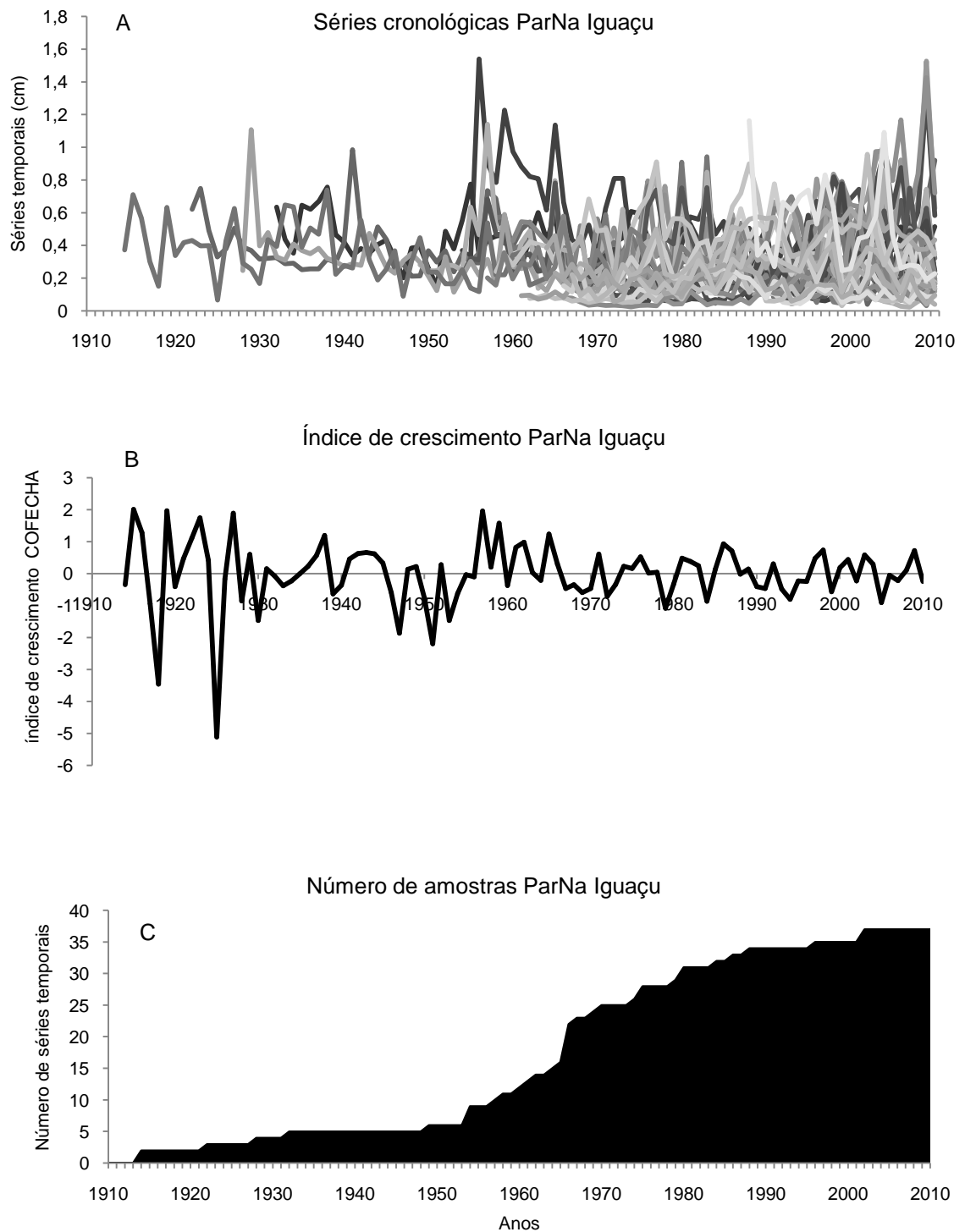


Figura 18 Síntese da sincronização das araucárias no ParNa Iguaçu: a) Séries cronológicas sincronizadas; b) Índice de largura de anéis de; c) Número de séries temporais utilizadas por período.

As cronologias desenvolvidas levando em consideração os indivíduos machos e fêmeas não apresentaram valores de correlação satisfatório (Tabela 15). Dos indivíduos machos, sete apresentando comprimento de intervalo de tempo de 1914 a 2010 e intercorrelação de 0,197 representaram a cronologia dos machos (Figura 19). E 9 indivíduos fêmeas com comprimento de intervalo de tempo de 1922 a 2010 e intercorrelação 0,161 representaram a cronologia das fêmeas (Figura 20).

Tabela 15 Parâmetros estatísticos considerados e resultados encontrados na sincronia de *A. angustifolia* machos e fêmeas no ParNa Iguaçu/PR.

Parâmetros	Cronologias ParNa Iguaçu	
	Machos	Fêmeas
Número de árvores	7	9
Número de séries	11	14
Número de anéis	592	695
Comprimento médio da série (anos)	53 ($s \pm 15,8$)	57 ($s \pm 20,4$)
Comprimento máx./mín. da série	97/31	89/23
Período considerado	1914 a 2010	1922 a 2010
Intercorrelação (r)	0,197	0,161
Ponto crítico	0,515	0,515
Sensibilidade média	0,443	0,366

Embora as intercorrelações apresentarem baixos valores de significância, Cattaneo *et al.* (2013) também encontrou maiores valores para araucárias machos em relação as fêmeas.

As cronologias criadas para gêneros foram desenvolvidas a partir da separação de machos e fêmeas entre sítios, dessa forma não foram refinadas como as cronologias finais do trabalho (sítio borda e sítio interior). Trabalhos futuros desenvolvidos com araucárias machos e fêmeas do ParNa Iguaçu devem ser realizados buscando melhorar a cronologia entre gêneros. Até o presente momento, apenas o trabalho realizado por Cattaneo *et al.* (2013), com o desenvolvimento de cronologias para machos e fêmeas de *A. angustifolia*, ainda que em condições de plantio é conhecido. Assim, os resultados obtidos neste trabalho constituem-se no primeiro registro de desenvolvimento de cronologias para machos e fêmeas de *A. angustifolia* ocorrendo em condições naturais.

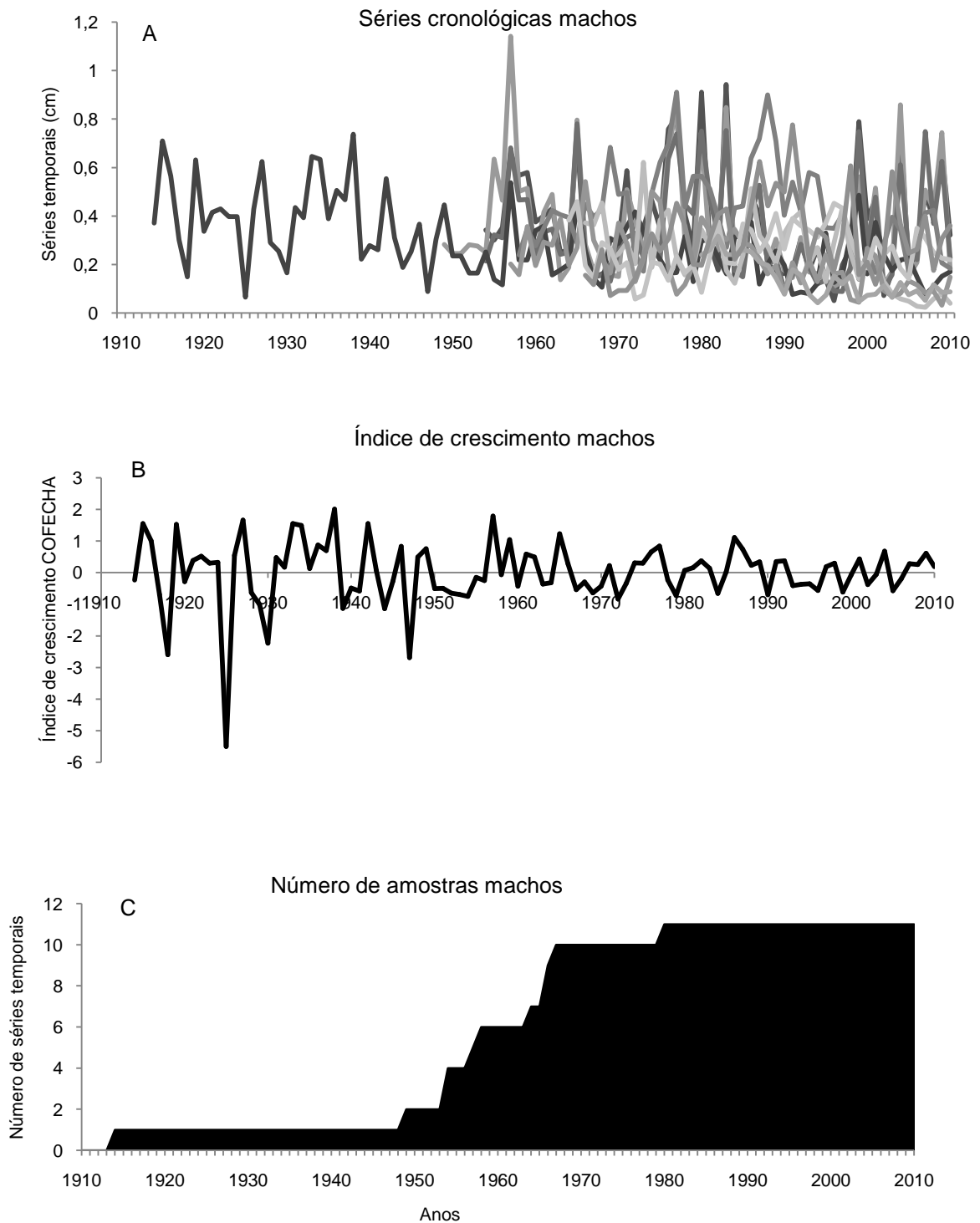


Figura 19 Síntese da sincronização dos machos de *A. angustifolia* no ParNa Iguaçu: a) Séries cronológicas sincronizadas; b) Índice de largura de anéis de crescimento; c) Número de séries temporais utilizadas por período.

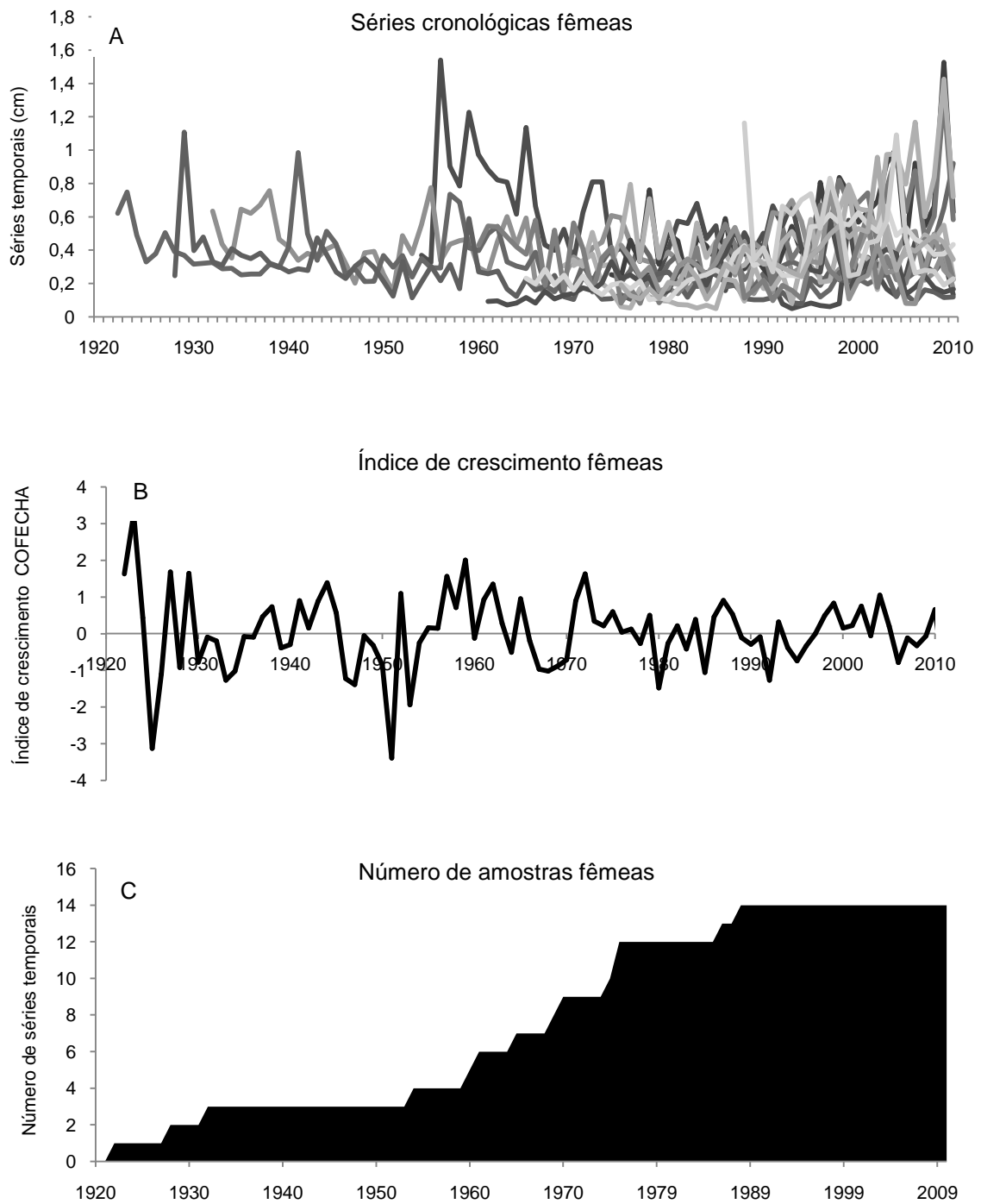


Figura 20 Síntese da sincronização das fêmeas de *A. angustifolia* no ParNa Iguaçu: a) Séries cronológicas sincronizadas; b) Índice de largura de anéis de crescimento; c) Número de séries temporais utilizadas por período.

5.3.6 Correlação entre a cronologia e dados climáticos

Buscando relacionar as séries cronológicas de cada sítio com variáveis climáticas, série *master* “Standard” dos sítios foram comparadas as séries meteorológicas de precipitação total (de 1966 a 2010) e temperaturas mínimas, médias e máximas (de 1973 a 2010). As relações com precipitação (Figura 21 e 22) foram principalmente positivas, entretanto apenas em maio corrente (sítio borda) e outubro prévio (sítio interior) foram significativamente positivas.

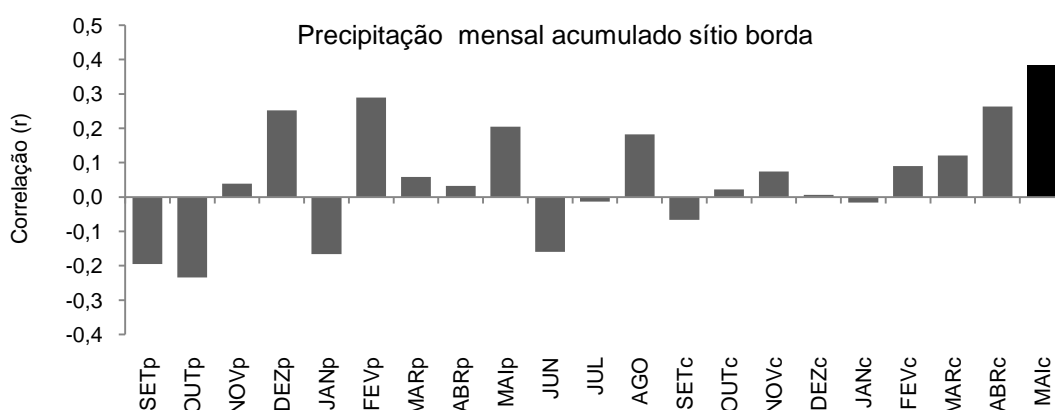


Figura 21 Correlações da série padronizada de *A. angustifolia* com a precipitação mensal acumulada no sítio borda no ParNa Iguaçu/PR. Coluna em preto indica a significância dos dados ($p < 0,05$).

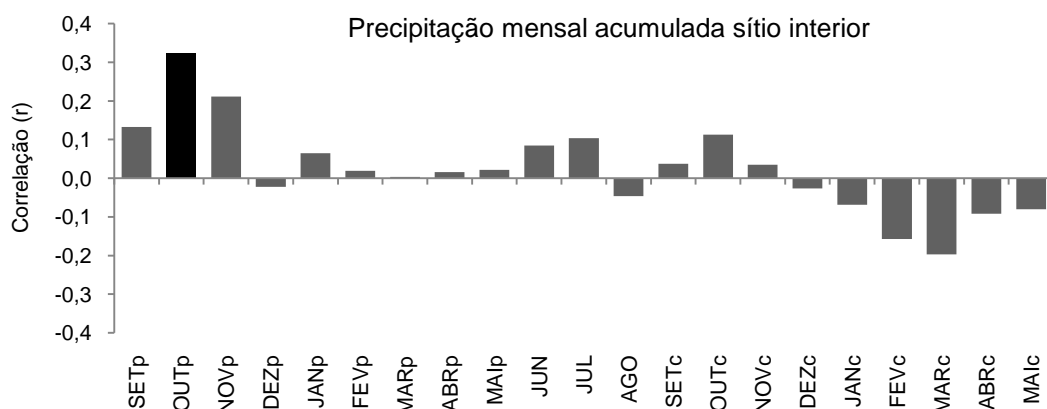


Figura 22 Correlações da série padronizada de *A. angustifolia* com a precipitação mensal acumulada no sítio interior no ParNa Iguaçu/PR. Colunas em preto indicam a significância dos dados ($p < 0,05$).

A correlação positiva e significativa em maio corrente no sítio borda expressa as elevadas taxas de precipitação nesse período. Embora o mês de maio seja o início do período em que se observa a queda de temperatura, a proximidade com a borda florestal poderia estar minimizando este efeito, indicando que as baixas temperaturas relacionadas à elevada precipitação influenciaram de forma positiva o crescimento da espécie ocorrendo na borda florestal. Sabendo-se que os sítios amostrais situam-se no limite de distribuição entre a FOM e a Floresta Estacional Semidecidual, a perda das folhas por espécies decíduas em respostas às baixas temperaturas que precedem o inverno (LEITE; KLEIN, 1990) acarretando diminuição de crescimento e atenuando seu potencial competidor com as araucárias, poderiam estar favorecendo o crescimento desta Gimnosperma.

Relações positivas com precipitação também foram verificadas por Oliveira *et al.* (2010) nos períodos corrente, ainda que sem significância estatística. Stepka (2012) relaciona períodos de baixas temperaturas e elevada precipitação com baixo crescimento da espécie. Entretanto, embora maio corresponda a estação final de crescimento (OLIVEIRA *et al.*, 2009), carboidratos armazenados seriam uma fonte de energia para a formação da madeira (OLIVEIRA *et al.*, 2010).

No sítio interior a precipitação em outubro prévio influenciou positivamente o crescimento das araucárias. Historicamente, o mês de outubro (Figura 3) é o de maior acúmulo de chuvas para a região, bem como o período em que se observa o aumento gradual das temperaturas após o inverno. Desta forma, elevadas taxas de precipitação associadas ao aumento de temperatura relacionam-se positivamente com o crescimento da araucária no sítio interior. Além do que, o mês de outubro caracteriza-se pelo início de formação do anel de crescimento (OLIVEIRA *et al.*, 2009) para a espécie. Cattaneo *et al.* (2013), Zanon e Finger (2010) e Silva *et al.* (2009) também descrevem a relação de crescimento com a precipitação nos meses de liberação do crescimento.

Embora as precipitações do mês de maio corrente no sítio borda e em outubro prévio no sítio interior tenham relações positivas e significativas com o crescimento da araucária, a temperatura foi o fator climático de maior influência no crescimento da espécie em ambos os sítios. Entre as variáveis meteorológicas, a temperatura seria o principal fator regulador e limitante no crescimento das espécies arbóreas (SCHEINGRUBER, 1996). Devido à regularidade das precipitações nos sítios em

estudo no ParNa Iguaçu, provavelmente as variações anuais de temperatura devem melhor explicar o padrão de crescimento da araucária (SANTOROSA et al., 2007).

A temperatura média (Figuras 23 e 24) apresentou as menores relações significativas, sendo que no sítio borda seu efeito foi significativamente negativo nos meses de fevereiro prévio e corrente e, por outro lado, significativamente positiva no sítio interior nos meses de fevereiro e março corrente.

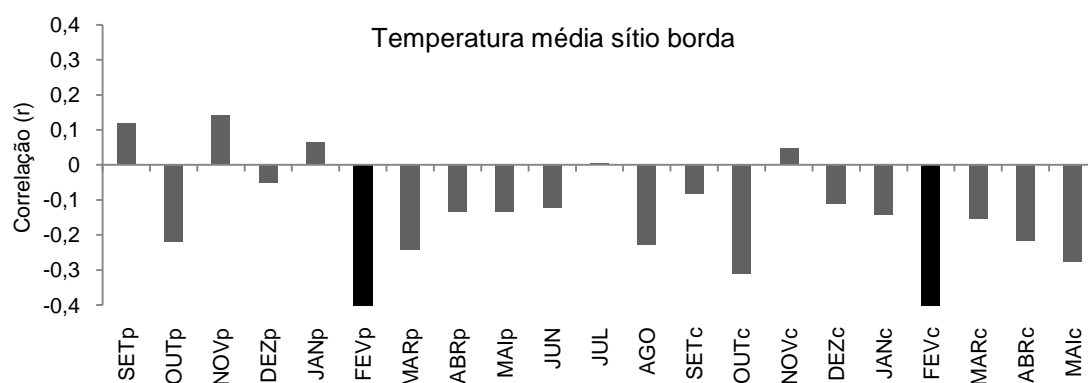


Figura 23 Correlações da série padronizada de *A. angustifolia* com a temperatura média no sítio borda no ParNa Iguaçu/PR. Colunas em preto indicam a significância dos dados ($p < 0,05$).

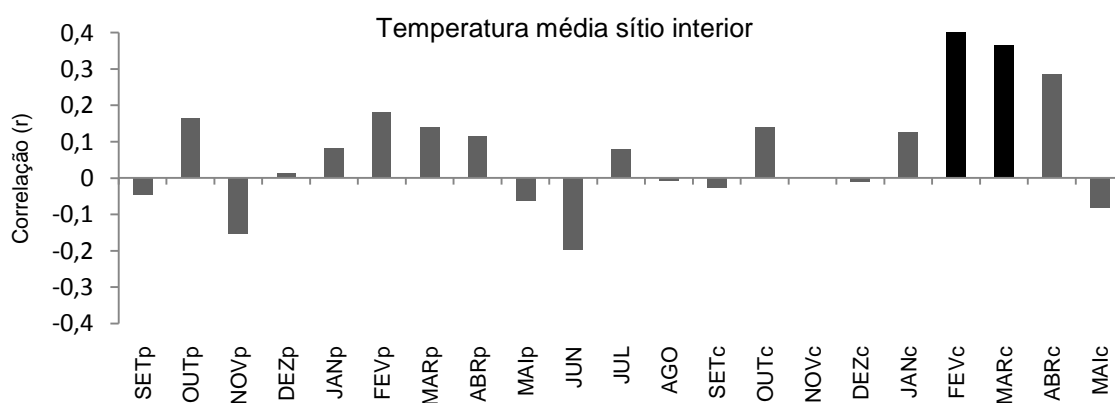


Figura 24 Correlações da série padronizada de *A. angustifolia* com a temperatura média no sítio interior no ParNa Iguaçu/PR. Colunas em preto indicam a significância dos dados ($p < 0,05$).

As temperaturas mínimas e máximas apresentaram as maiores correlações com o crescimento de araucária. Temperaturas mínimas na borda (Figura 25) apresentaram correlações positivas sendo significativas para os meses de novembro, dezembro e abril prévio. Já para os indivíduos no sítio interior, as temperaturas mínimas (Figura 26) apresentaram-se principalmente negativas e significativas.

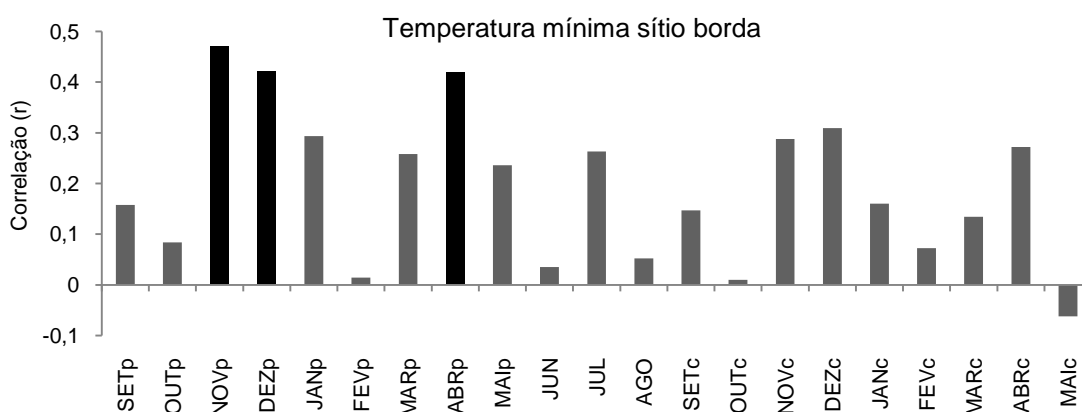


Figura 25 Correlações da série padronizada de *A. angustifolia* com a temperatura mínima no sítio bordar no ParNa Iguaçu/PR. Colunas em preto indicam a significância dos dados ($p < 0,05$).

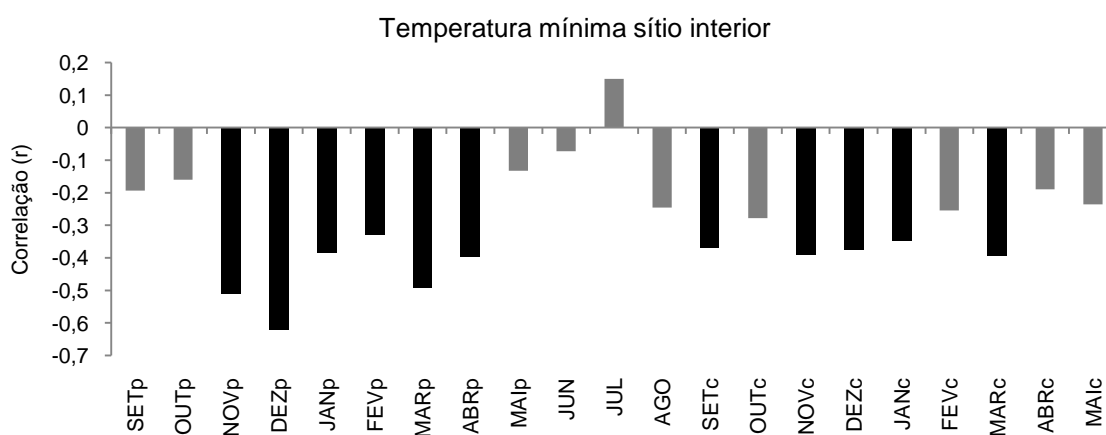


Figura 26 Correlações da série padronizada de *A. angustifolia* com a temperatura mínima no sítio interior no ParNa Iguaçu/PR. Colunas em preto indicam a significância dos dados ($p < 0,05$).

Altas temperaturas mínimas, ou seja, temperaturas mais amenas no início do período de crescimento, influenciaram positivamente as araucárias ocorrendo no sítio borda, relação inversa ao observado para o sítio de interior. As maiores exposições à radiação solar das araucárias na borda devem explicar as relações positivas com elevadas temperatura mínimas, podendo ser a proximidade da borda e consequente maior radiação solar, fator positivo no crescimento das araucárias neste ambiente associada a temperaturas mais amenas.

Relação positiva e significativa em abril prévio na borda indica que o início da queda na temperatura característica deste mês favorece esses indivíduos, caso não observado no interior florestal.

Relações significativas com temperaturas mínimas em ambos os sítios foram observadas principalmente em períodos mais quentes (e.g. novembro, dezembro e janeiro). Neste sentido, altas temperaturas mínimas em períodos mais quentes exercem influência direta na largura dos anéis das araucárias do ParNa Iguaçu.

Relações com temperatura máxima no sítio borda (Figura 27) foram principalmente positivas, sendo significativas na primavera e verão do ano prévio e em junho e novembro corrente. A relação positiva e significativa em junho, período de menores temperaturas para região sugere que o aumento da temperatura em meses mais frios favorece o crescimento das araucárias no sítio borda.

No interior da floresta as relações são inversas (Figura 28), observando relações negativas e significativas nos períodos mais quentes. Cattaneo *et al.* (2013); Zanno e Finger (2010) e Oliveira (2007) também observaram influência negativa de temperaturas elevadas nos períodos de maiores atividades cambial, sendo que o mês de outubro corresponde ao período inicial de formação dos anéis de crescimento da arauária (OLIVEIRA *et al.*, 2009).

Provavelmente, o aumento da temperatura durante os meses de primavera e verão estimula o desenvolvimento do lenho inicial da araucária (SANTAROSA *et al.*, 2007) refletindo as relações positivas e significativas. Já as respostas negativas com temperatura para os meses de dezembro e janeiro no sítio interior podem indicar alguma condição de estresse de água devido à elevada evapotranspiração nos meses mais quentes (OLIVEIRA *et al.*, 2010).

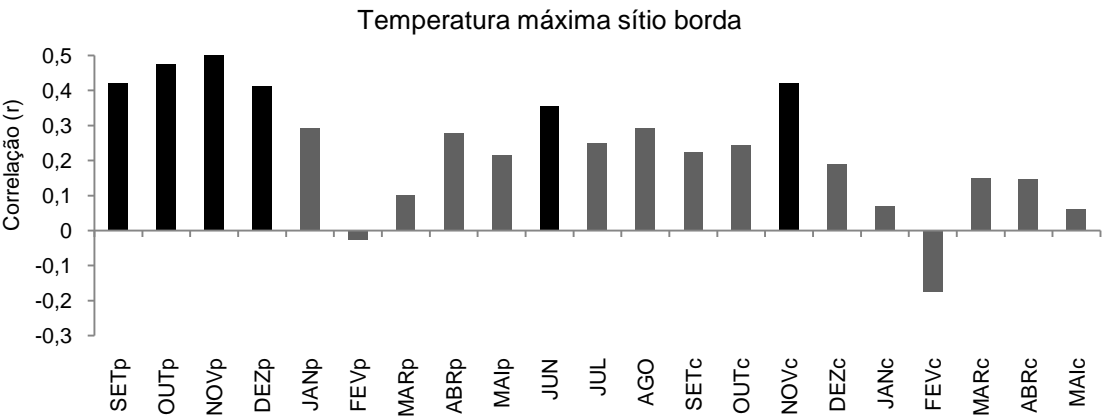


Figura 27 Correlações da série padronizada de *A. angustifolia* com a temperatura máxima no sítio bordar no ParNa Iguaçu/PR. Colunas em preto indicam a significância dos dados ($p<0,05$).

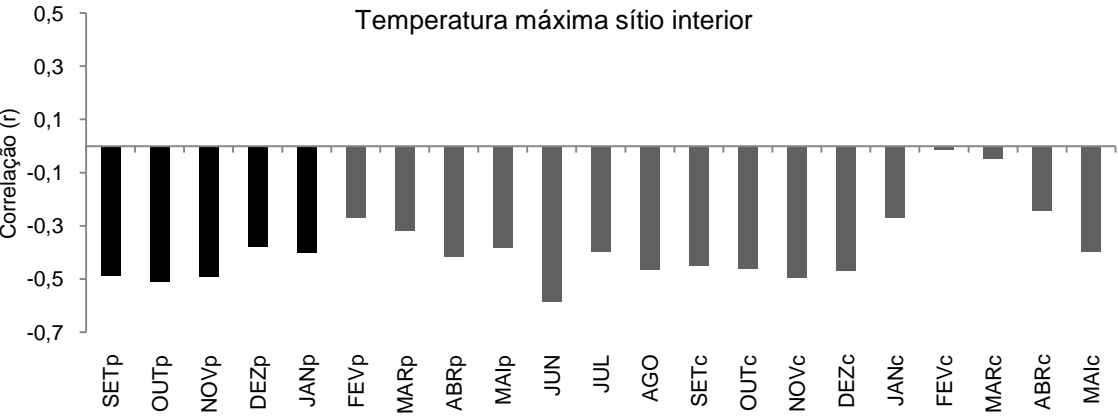


Figura 28 Correlações da série padronizada de *A. angustifolia* com a temperatura máxima no sítio interior no ParNa Iguaçu/PR. Colunas em preto indicam a significância dos dados ($p<0,05$).

5.4 Conclusão

Através das análises dendroecológicas, pode-se verificar o menor porte, idade e incrementos correntes e acumulados radiais das araucárias no sítio em proximidade com a borda florestal. Corroborando com o *status* de conservação do sítio como área menos preservada em estágios iniciais a intermediários de sucessão.

A diferença no incremento radial entre os sítios também pode ser verificada através das cronologias criadas a partir dos anéis de crescimento, observando que fatores inerentes a cada ambiente estariam exercendo forte influência no crescimento da araucária.

Temperaturas mínimas e máximas mostraram-se mais influentes no crescimento da espécie em relação à precipitação, embora relações inversas entre os sítios tenham sido observadas.

A presença de anomalias e/ou estruturas consideradas atípicas do ponto de vista a análise dendrocronológica no lenho das araucárias, foram as principais dificuldades encontradas no estabelecimento dos sincronismos de largura de anéis de crescimento e consequentemente, no de cronologias com maior grau de correlação.

Entretanto, apesar das dificuldades encontradas, reforça-se a importância da dendrocronologia na determinação do grau de distúrbio dos remanescentes florestais.

5.5 Considerações finais

Através das hipóteses e/ou questões técnico científicas propostas, verificou-se que a araucária possui comportamentos distintos em diferentes condições de crescimento (e.g. interior e borda florestal). Como o maior incremento radial, estrutura etária e diamétrica nos indivíduos do interior florestal, corroborando com a melhor qualidade do sítio, mesmo apresentando menores densidades de indivíduos que o sítio borda.

Entretanto, as duas populações analisadas apresentaram padrão estrutural semelhante, tendendo ao J-invertido, indicando que a espécie está se regenerando no ParNa Iguaçu com maiores densidades na borda florestal e em sítios com alta

densidade de dossel, comprovando sua capacidade regenerativa em ambientes mais sombreados.

Não foi comprovada a maior densidade de regenerantes próximos a plantas fêmeas, podendo ser esse resultado reflexo da predação e dispersão de sementes por pequenos roedores.

A hipótese de que indivíduos machos e fêmeas apresentariam taxas de incremento anual corrente e acumulado distintas não foi comprovada, sendo o incremento entre gêneros semelhantes.

As temperaturas mínimas e máximas foram os fatores climáticos analisados de maior influência sobre o crescimento da espécie, relação que pode estar associada à regularidade de precipitação.

Os resultados encontrados através das análises dendroecológicas (capítulo 2) e da estrutura populacional (capítulo 1) reforçam a hipótese de que altas densidades de indivíduos de *A. angustifolia* seriam característica de áreas florestais menos preservadas em estágios iniciais a intermediária de sucessão (e.g. sítio borda), enquanto que baixas densidades seriam característica de áreas mais preservadas em estágios mais avançados de sucessão (e.g. sítio interior).

Portanto, o Parque Nacional do Iguaçu representa um importante remanescente na conservação da *Araucaria angustifolia*, resguardando significativas populações desta espécie-chave.

5.6 REFERÊNCIAS

- AGREN, J. Sexual differences in biomass and nutrient allocation in the dioecious *Rubuschamaemorus*. **Ecology**, v.69, n.4, p. 962-973, 1988.
- ANHOLETO JÚNIOR, C. B. **Dendroecologia e composição ($\delta^{13}\text{C}$) dos anéis de crescimento de árvores de *Cedrela odorata*, Meliaceae, na Caatinga e Mata Atlântica do Estado de Sergipe, Brasil**. 104 f. Dissertação (Mestre em recursos florestais) - Setor de tecnologia de produtos florestais, Escola superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba. 2013.
- BÓÇON, R. **Caracterização de solos, vegetação e público alvo como indicadores no planejamento de trilhas interpretativas**. 82 f. Dissertação (Mestre em Agronomia) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. 2002.
- BONINSEGNA, J. A.; ARGOLLO, J.; ARAVENA, J. C.; BARICHIVICH, J.; CHRISTIE, D.; FERRERO, M. E.; LARA, A.; QUESNE, C. L.; LUCKMAN, B. H.; MASIOKAS, M.; MORALES, M.; OLIVEIRA, J. M.; ROIG, F.; SRUR, A.; VILLALBA, R. Dendroclimatological reconstructions in South America: A review. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 281, n. 3-4, p. 210-228, 2009.
- BOTOSSO, P. C.; MATTOS, P. P. **Conhecer a idade das árvores: importância e aplicações**. Colombo: Embrapa Florestas, 2002.
- BOWMAN, D. M. J. S.; BRIENEN, R. J. W.; GLOOR, E.; OLIVER, L. P.; PRIOR, L. D. Detecting trends in tree growth: not so simple. **Trends in Plant Science**, v. 18, n. 1, p. 11-17, 2013.
- BITTENCOURT, J. V. M.; SEBBENN, A. M. Genetic effects of forest fragmentation in high-density *Araucaria angustifolia* populations in Southern Brazil. **Tree Genetics & Genomes**, v. 5, n. 4, p. 573–582, 2009.
- BRANDES, A. F. N.; LISI, C. S.; BARROS, C. F. Dendrochronology of lianas of the Leguminosae Family from the Atlantic Forest, Brazil. **Trees**, v. 25, n. 1, p. 133-144, 2011.
- CALLADO, C. H.; NETO, S. J. S.; SCARANO, F. R.; COSTA, C. G. Periodicity of growth rings in some flood-prone trees of the Atlantic Rain Forest in Rio de Janeiro, Brazil. **Trees**, v. 15, n. 8, p. 492-497, 2001.
- CARLUCCI, M. B.; PRIETO, P. V.; HERING, R. L. O. JUDICE, D. M.; MONTEIRO, N. P. Araucariaceae. In: MARTINELLI, G.; MORAES, M. A. **Livro vermelho da flora do Brasil**. Rio de Janeiro, 2013. p. 185 - 186. Disponível em: <<http://cncflora.jbrj.gov.br/LivroVermelho.pdf>>. Acesso em: 15/12/2013.
- CATTANEO, N.; PAHR, N.; FASSOLA, H.; LEPORATI, J.; BOGINO, S.. Sex-related, growth–climate association of *Araucaria angustifolia* in the neotropical ombrophilous woodlands of Argentina. **Dendrochronologia**, v. 31, P. 147 – 152, 2013

COOK, E.R..**A time series analysis approach to tree-ring standardization**.171 f. Thesis (PhD in Management of Watersheds).University of Arizona, Tucson. 1985.

COOK, E. R.; KAIRIUKSTIS, L. A..**Methods of dendrochronology: applications in the environmental science**. Amsterdam: Kluwer, 1990.

DIAS, S. P. G. B. **Novos táxons de Grylloideae da floresta latifoliada semidecídua da região de Foz do Iguaçu-PR (Orthoptera, Ensífera)**. 139 f. Dissertação (Mestre em Ciências Biológicas) - Setor de Zoologia, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Botucatu. 2009.

DOS SANTOS, M. M. G. **Chuva de sementes e estabelecimento de plântulas de espécies lenhosas florestais em mosaico de floresta com araucária e campos no sul do Brasil**. 64 f. Dissertação (Mestre em Ecologia) - Setor de Ecologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2008.

DUARTE, L. S.; DILLENBURG, L. R. Ecophysiological responses of *Araucaria angustifolia* (Araucariaceae) seedlings to different irradiance levels.**Australian Journal of Botany**, v. 48, n. 4, p.531-537,2000.

DURIGAN, M.E..**Florística, dinâmica e análise protéica de uma Floresta Ombrófila Mista em São João do Triunfo - PR**.. 125 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 1999.

ENCINAS, J. I.; SILVA, G. F.; PINTO, J. R. R. **Idade e crescimento das árvores. Comunicações técnicas e florestais, UNB**, v. 7, n. 1, p. 47, 2005.

EINIG, W.; MERTZ, A.; HAMPP, R. Growth rate, photosynthetic activity, and leaf development of Brazil pine seedlings (*Araucaria angustifolia* [Bert.] O. Ktze.). **Plant Ecology**, Oxford, v. 143, n. 1, p. 23-28, 1999.

FARJON, A. *Araucaria angustifolia*. In: IUCN 2007. 2007 **IUCN Red List of Threatened Species** .Disponível em: www.iucnredlist.org. Acessado em: 5 de junho de 2012.

FIGUEIREDO FILHO, A.; DIAS, A. N.; STEPKA, T. F.; SAWCZUK, A. R.. Crescimento, mortalidade, ingresso e distribuição decamétrica em Floresta Ombrófila Mista. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 40, n. 4, p. 763 – 776, 2010.

FISCHER, F. M. **Estrutura etária de *Araucaria angustifolia* em um remanescente florestal primário**. Anais do IX Congresso de ecologia do Brasil, São Lourenço, MG. 2009.

FRITTS, H. C..Dendroclimatology and dendroecology.**QuaternaryResearch**, v. 1, p. 419 – 449, 1971.

FRITTS, H. C. **Tree rings and climate**. London: Academic Press, 1976.

GRISSINO-MAYER, H. D..Evaluating crossdating accuracy: A manual and tutorial for the computer program COFECHA.**Tree-Ring Research**, v. 57, n. 2, p. 205-221, 2001.

GUGLIELME, I.; GANADE, G. Predação de sementes afetando a distribuição de indivíduos de *Araucaria angustifolia* ao longo de uma borda de floresta com campo. **Neotropical Biology and Conservation**, v. 1, n.2, p. 62-71, 2006.

HERRERA, C. M. Plant size, spacing patterns, and host-plant selection in *Osyris quadripartita*, a Hemiparasitic Dioecious Shrub. **The Journal of Ecology**, v.76, n.4, p.995-1006, 1988.

HESS, A. F. **Inter-Relações no crescimento de *Araucaria Angustifolia* (Bertol.) Kuntze em diferentes locais do Rio Grande do Sul.** 178 f. Tese (Doutorado em EngenhariaFlorestal) - Setor de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2006.

HESS, A. F.; SCHNEIDER, P. R. Crescimento em altura de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em três locais do Rio Grande do Sul. **Ambiência**, v. 5, n. 2, p. 213-132, 2009.

HOLANDA, A. C.; FELICIANO, A. L. P.; MARANGON, L. C.; SANTOS, M. S.; MELO, C. L. S. M. S.; PESSOA, M. M. L. Estrutura de espécies arbóreas sob efeito de borda em um fragmento de floresta estacional semidecidual em Pernambuco. **Revista Árvore**, v. 34, n. 1, p. 103-114, 2010.

HOLMES, L. R. Computer assisted quality control in tree-ring dating and measurement. **Tree-ring Bulletin**, v. 43, p. 69–78, 1983.

HOLMES, R.L. **Dendrochronology Program Library**. Available from the Laboratory of Tree-Ring Research, University of Arizona, Tucson. 2001.

HUSCH, B.; MILLER, I.C.; BEERS, T.W. **Forest mensuration**.New York: John Wiley & Sons, p. 402. 1982.

IAPAR-Instituto ambiental do Paraná. Cartas climáticas do Paraná. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=597>>. Acesso em: 20/12/13.

IBAMA. **Plano de manejo do Parque Nacional do Iguaçu**. Foz do Iguaçu, PR, 1999.

JACQUES-CALLEGARI. **Bioestatística: Princípios a aplicações**. Porto Alegre: Artmed.2003.

KAISER, H. F. The Application of Electronic Computers to Factor Analysis.**Educational and Psychological Measurement**, Thousand Oaks, vol. 20, p. 141-151, 1960.

LAURANCE, W. F.; FERREIRA, L. V.; MERONA, J. M. R.; LAURANCE, S.G. Rain forest fragmentation and the dynamics of amazonian tree communities. **Ecology**, v. 79, n. 6, p. 2032-2040, 1998.

LEITE, P.F.; KLEIN, R.M. **Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE**. Geografia do Brasil – Região Sul. Rio de Janeiro: IBGE, 1990. p.113-150.

LISI, C. S.; PESSENDA, L. C. R. 14C Bomb effect in tree rings of tropical and subtropical species of Brazil. **Tree-Ring Research**, v. 57, n. 2, p. 191-196, 2001.

LISI, C. S.; TOMAZELLO FILHO, M.; BOTOSSO, P. C.; ROIG, F. A.; MARIA, V. R. B.; FEDELE, L. F.; VOIGT, A. R. A. Tree-ring formation, radial increment periodicity and phenology of tree species from a seasonal semi-deciduous forest in southeast Brazil. **IAWA**, v. 29, n. 2, p. 189-207, 2008.

LONGUI-SANTOS, T.. **Dendroecologia de *Sebastiania commersoniana* (Baill.) L. B. Sm. & Downs em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista aluvial, Paraná, Brasil**. 95 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ecologia Florestal, Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2013.

MANTOVANI, A.; MORELLATO, L. P. C.; REIS, M. S. Fenologia reprodutiva e produção de sementes em *Araucaria angustifolia*(Bert.) O. Ktze. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 27, n.4, p. 787-796, 2004.

MATTOS, P.P.; OLIVEIRA, M.F., AGUSTINI, A.F., BRAZ, E.M., RIVERA, H., OLIVEIRA, Y.M.M., ROSOT, M.A.D., GARRASTAZU, M.C.. **Aceleração do crescimento em diâmetro de espécies da Floresta Ombrófila Mista nos últimos 90 anos**. Pesquisa Florestal Brasileira. Colombo, v. 30, n. 64, p. 319 - 326. 2010.

MANTOVANI, A. **Fenologia reprodutiva e estrutura genética de uma população natural de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze (Araucariaceae)**. 106 p.Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) - Setor de Biologia vegetal, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.2003.

MCCUNE, B.; GRACE, J.B. **Analysis of ecological communities**.MjM Software Design.Gleneden Beach, Oregon. 2002.

MMA. **Monitoramento do desmatamento nos biomas brasileiros por satélite: Acordo de cooperação técnica MMA/IBAMA, monitoramento do bioma mata atlântica 2002 a 2008**. Brasília. 2010.

MEDEIROS, A. G. S. **Anéis de crescimento de *Araucaria columnares* Hook.: caracterização anatômica, densitométrica e aplicação no monitoramento ambiental**. 86 f. Dissertação (Mestre em Recursos Florestais), Setor de Tecnologia da Madeira, Escola superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2005.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara, 434p. 1988.

OLIVEIRA, J. M. **Anéis de crescimento de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) O. Kuntze: bases de dendrocronologia em ecossistemas subtropicais montanos no Brasil**. 139 f. Tese, (Doutor em ecologia), Setor de Biociência, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2007.

OLIVEIRA, J. M.; PILLAR, V. D.; ROIG, F. A. **Padrões de idade e crescimento de *Araucaria angustifolia*: Reconstruindo históricos de distúrbios e dinâmica vegetacional**. Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil, Caxambu/MG. 2007.

OLIVEIRA J. M.; SANTAROSA E.; PILLAR V. D.; ROIG F. A. Seasonal cambium activity in the subtropical rain forest tree *Araucaria angustifolia*. **Trees**, v. 23, p.107–115, 2009.

OLIVEIRA, J. M.; ROIG, F. A.; PILLAR, V. DEPATTA. Climatic signals in tree-rings of *Araucaria angustifolia* in the Southern Brazilian highlands. **Austral Ecology**, v. 35, n. 2, p. 134-147, 2010.

PALUDO, G. F.; MANTOVANI, A.; KLAUBERG, C.; REIS, M. S. Estrutura demográfica e padrão espacial de uma população natural de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (Araucariaceae), na reserva genética florestal de Caçador, estado de Santa Catarina. **Revista Árvore**, v. 33, n.6, p.1109-1121, 2009.

PINHEIRO, M. H. O; MONTEIRO, R. Análise estrutural e cosiderações sobre a dinâmica sucessional de dois fragmentos florestais semidecíduais do Jardim Botânico Municipal de Bauru, SP, Brasil. **Acta Bot bras**, v. 23, n. 4, p. 968-975, 2009.

PRIMACK, R. B; RODRIGUES, E. **Biologia da conservação**. Londrina: Planta, 2001.

RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y. S. As unidades fitogeográficas do estado do Paraná, Brasil. **Ciência & Ambiente**, v.24, p. 75-92. 2002.

RODRIGUES, P. J. P.; NASCIMENTO, M. T. Fragmentação florestal: Breves considerações teóricas sobre efeito de borda. **Rodriguésia**, v. 57, n. 1, p. 63-74, 2006.

ROHLF, F. J. Adaptive hierarchical clustering schemes. **Systematic Zoology**, v. 18, n. 1, p. 58-82, 1970.

ROZENDAAL, D. M. A.; ZUIDEMA, P. A. Dendroecology in the tropics: a review, **Trees**, v. 25, n.1, pp. 1-16. 2011.

RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P.; MARTENSEN, A. C.; PONZONI, F. J.; HIROTA, M. M. The brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining Forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 142, n. 6, p. 1141-1153, 2009.

ROIG, F. A. **Dendrocronología en los bosques del Neotrópico: revisión y prospección futura.** In: **Dendrocronologia em América Latina.** EDIUNC. Mendoza Argentina. p. 307 – 355, 2000.

RIGOZO, N. R.; NORDEMANN, D. J. R.; ECHER, E. VIEIRA, L. E. A. Search for solar periodicities in tree-ring widths from Concórdia (S.C., Brazil). **Pure appl. Geophys**, v, 161, n. 1, p. 221-233, 2004.

RYLANDS, A. B; BRANDON, K. Unidades de conservação brasileiras. **Megadiversidade**, v.1, n.1, p.27-35, 2005.

SALAMUNI, R.; ROCHA, L. A.; ROCHA, A.L.; SALAMUNI, E.; 1999. O Parque Nacional do Iguaçu. In: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D.A.; QUEIROZ, E.T.; WINGE, M.; BERBERT, B. M. (Edit.) **Sítio Geológicos e Paleontológicos do Brasil.** Disponível em: <www.unb.br/ig/sigep/sitio011.htm>. Acesso em 03/10/2011.

SANTAROSA, E.; OLIVEIRA, J. M.; ROIG, F. A.; PILLAR, V. D. Crescimento sazonal em *Araucaria angustifolia*: Evidências anatômicas. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. 1, p. 618-620, 2007.

SCHAAF, L.B. **Florística, estrutura e dinâmica no período 1979-2000 de uma Floresta Ombrófila Mista localizada no Sul do Paraná.** 119 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2001.

SCHEEREN, L. W.; FINGER, C. A. G.; SCHUMACHER, M. V.; LONGHI, S. J. Crescimento em altura de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. em três sítios naturais, na região de Canela – RS. **Ciência Florestal**, v. 9, n. 2, p. 23-40, 1999.

SCHULMAN, E. **Dendroclimatic changes in Semiarid America.** University of Arizona Press, Tucson. 1956.

SCHWEINGRUBER, F. H. **Tree-rings and environment dendroecology.** Vienna: Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research. Berne, Stuttgart, Vienna, Haupt, 1996. p. 609.

SEITZ, R.A.; KANNINEN, M. Tree ring analysis of *Araucaria angustifolia* in Southern Brazil: preliminary results. **IAWA Bull**, v.10, n.2, p. 170 -174, 1989.

SALAMUNI, R. **Fundamentos Geológicos do Paraná**, in: História do Paraná. Grafipar. Curitiba, 1969. 11-128 p.

SILVA, L. R.; ANAND, M.; OLIVEIRA, J. M.; PILLAR, V. D. Past century changes in *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze water use efficiency and growth in forest and grassland ecosystems of southern Brazil: implications for forest expansion. **Global Change Biology**, n. 15, v. 10, p. 2387-2396. 2009.

SILVA, A. S. **Dinâmica de colonização de *Araucaria angustifolia* em campos e sua influência na expansão florestal no sul do Brasil.** 109 f. Dissertação (Mestre

em Ciências) - Setor de Ecologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2009.

SOLÓRZANO-FILHO, J. A. **Demografia, fenologia e ecologia da dispersão desementes de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze (Araucariaceae), numa população relictual em Campos do Jordão.** 155 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Setor de Ecologia, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2001.

STAHLE, D. W. Useful strategies for the development of tropical tree-ring chronologies. **IAWA**, v. 20, n. 3, p. 249-253, 1999.

STEPKA, T. F.. **Modelagem do crescimento e dendrocronologia em árvores nativas de *Araucaria angustifolia*, *Cedrela fissilis* e *Ocotea porosa* no sul do Brasil.** 186 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Setor de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2012.

STOKES, M.; SMILEY, T. **An introduction to tree-ring dating.** Chicago and London. The University of Chicago Press. USA. 1968. 73 p.

VASILIAUSKAS, S. A.; AARSSSEN, L. W. Sex ratio and neighbor effects in monospecific stands of *Juniperus virginiana*. **Ecology**, v. 73, n. 2, p. 622-632, 1992.

VETTER, R. E; BOTOSSO, P. C. Remarks on age and growth rate determination of Amazonian trees. **IAWA**, v. 10, n. 2, p. 133-145, 1989.

WEHR, N.J; TOMAZELLO FILHO, M. Caracterização dos anéis de crescimento de árvores de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze, através da microdensitometria de raios x. **Scientia florestalis**, n. 58, p. 161-170. 2000.

WATZLAWICK, L. F; GARDIN, E.; LONGHI, S. J.; ANDRADE, E. C. L. Estimate of the diameter distribution in mixed ombrophylous forest fragment with the Meyer's function. **Applied Research e Agrotechnology**, v. 6, n. 1, p. 29-36, 2013.

WORBES, M. Structural and other adaptations to long-term flooding by trees in Central Amazonia. **Amazonia**, v. 9, n. 3, p. 459-484, 1985.

WORBES, M. Growth rings, increment and age of trees in inundation forests, savanas and a mountain forest in the Neotropics. **IAWA**, v. 10, n. 2, p. 109-122, 1989.

WORBES, M. How to measure growth dynamics in tropical trees: A review. **IAWA**, v. 16, n. 4, pp. 337-351, 1995.

ZANDEVALLI, R. B. **Importância da competição durante o estabelecimento e crescimento inicial da *Araucaria angustifolia*.** 167 f. Tese (Doutor em Botânica) - Setor de Botânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2006.

ZANON, M. L. B. **Crescimento de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze diferenciado por dioécia.** 110 f. Dissertação (Mestre em Engenharia Florestal) -

Setor de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2007.

ZANON, M. L. B.; FINGER, C. A. G.; SCHNEIDER, P. R. Proporção da diócia e distribuição diamétrica de árvores masculinas e femininas de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em povoamentos implantados. **Ciência Florestal**, v. 19, n. 4, p. 425-431, 2009.

ZANON, M.L.B; FINGER, C.A.G.. Relação de variáveis meteorológicas com o crescimento das árvores de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em povoamentos implantados. **Ciência Florestal**, v. 20, n.3, p. 467 – 476, 2010.

6 APÊNDICES

Apêndice 1 –(A) *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze no sítio interior; (B) Coleta por método não destrutivo de amostras da seção radial de *A. angustifolia*; (C) Verificação da densidade de dossel através de densiômetro esférico de Lemmon.

Apêndice 2 –(D) *A. angustifolia* regenerante no sítio interior; (E) *A. angustifolia* apresentando androstróbilo; (F) *A. angustifolia* apresentando ginostróbilos.

Apêndice 3 –(G) Ginostróbilo de *A. angustifolia*; (H) Regenerante de *A. angustifolia* no sítio borda; (I) Vista das araucárias no sítio borda (Santa Tereza do Oeste).

Apêndice 4 - Característica dos anéis de crescimento de *A. angustifolia*; (J) anéis de crescimento típicos, evidenciando os lenhos inicial (primaveril) e tardio (outonal) conspícuos; (k) anéis de crescimento típicos precedidos por período de anéis inconspícuos; (L) depósito de resina.

Apêndice 5 – Característica dos anéis de crescimento de *A. angustifolia*; (M) e (N) anéis descontínuos (ou em cunha); (O) flutuação intra-anual de densidade (falsos anéis).



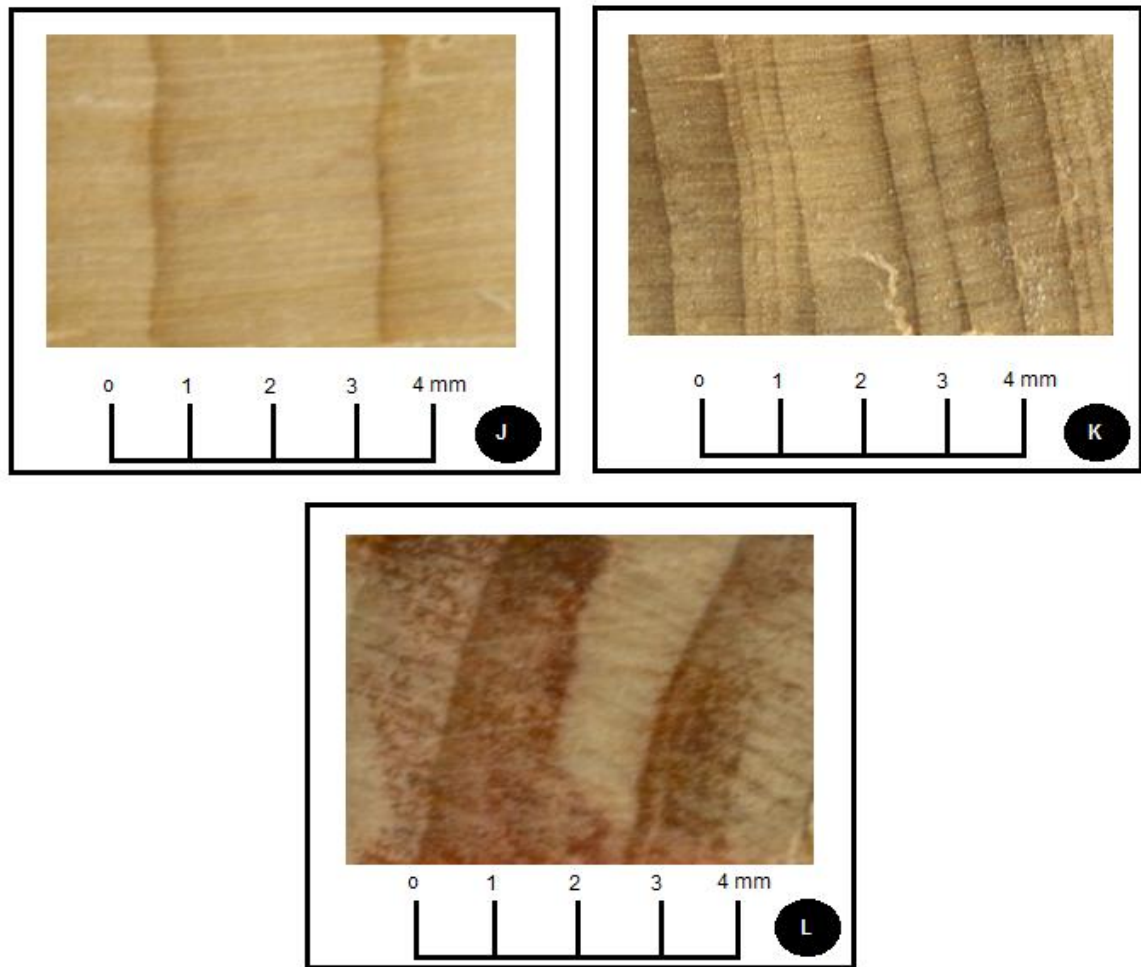
Apêndice 1- (A) Araucária sítio interior; (B) Coleta de seção radial por método não destrutivo; (C) Verificação da densidade do dossel com densiômetro esférico de Lemmon.



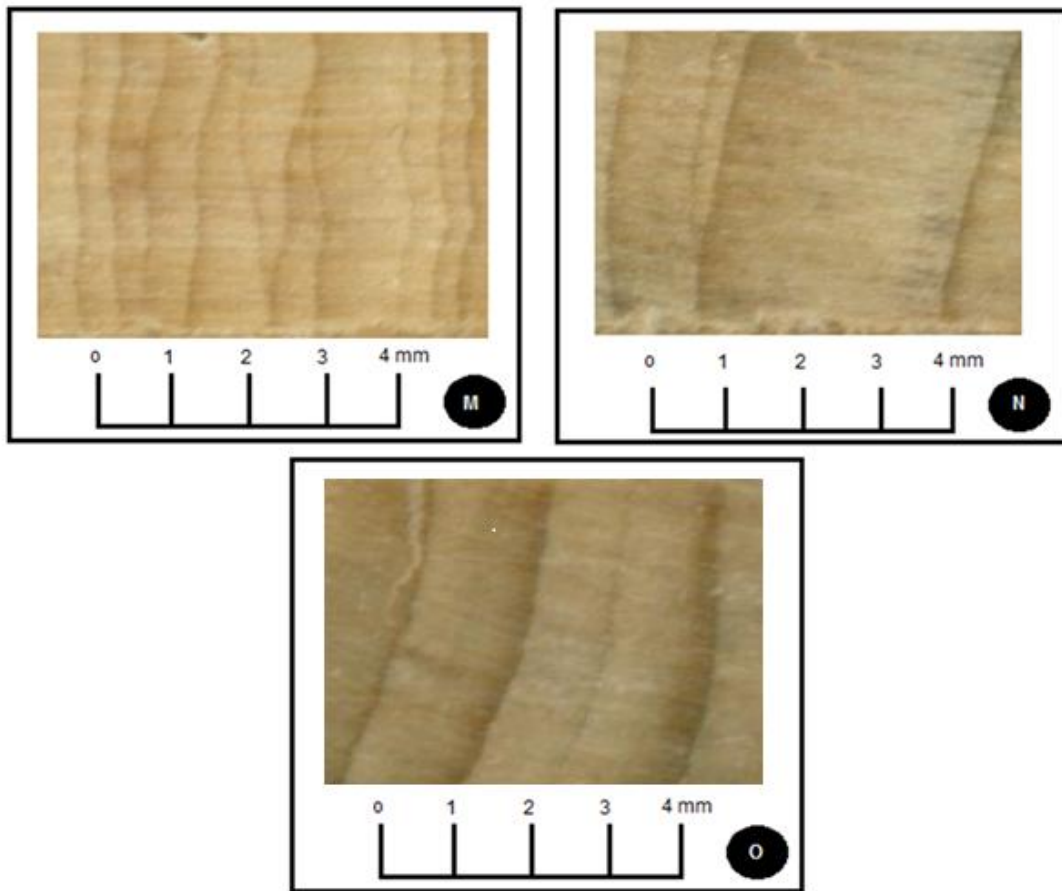
Apêndice 2 –(C) Araucária regenerante sítio interior; (D) Araucária apresentando androstróbilo; (E) Araucária apresentando ginostrobilo.



Apêndice 3 –(G) Ginostróbilo de *A.angustifolia*;(H)*A.angustifolia* regenerante sítio borda; (I) Vista das araucárias no sítio borda (Santa Tereza do Oeste).



Apêndice 4 – Característica dos anéis de crescimento de *A. angustifolia*; (J) anéis de crescimento típicos, evidenciando os lenhos inicial (primaveril) e tardio (outonal) conspícuos; (k) anéis de crescimento típicos precedidos por período de anéis inconspícuos; (L) depósito de resina.



Apêndice 5 – Característica dos anéis de crescimento de *A. angustifolia*; (M) e (N) anéis descontínuos (ou em cunha; (O) flutuação intra-anual de densidade (falsos anéis).